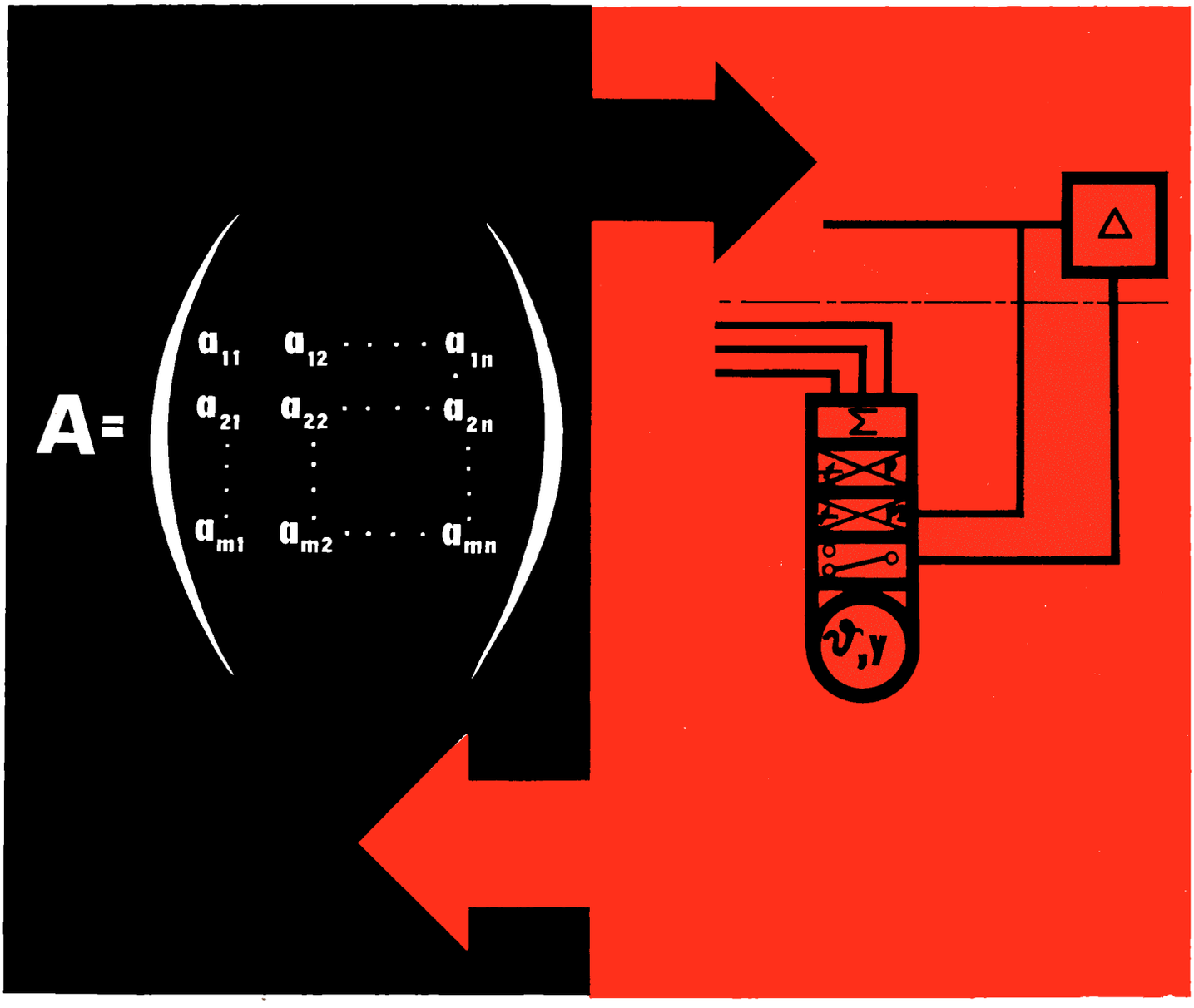
4

msr

1982

messen • steuern • regeln



25. Jahrgang
Heft 4
April 1982

Verlagspostamt Leipzig
EVP: 4,— M

Index 32525
ISSN 0026-0347

VEB Verlag Technik Berlin

Ingenieurschule Hennigsdorf – ein bewährter Partner der Industrie

Die Ingenieurschule für Automatisierung und Werkstofftechnik Hennigsdorf wurde 1949 als Betriebsfachschule für Stahlwerkstechnik gegründet. Sie hatte die Aufgabe, technische Kader für die Metallurgie der DDR auszubilden und somit den weiteren Ausbau der materiellen Basis der Volkswirtschaft abzusichern.
1951 erhielt sie den Namen Ingenieurschule für Stahlgewinnung mit den Fachrichtungen Stahlwerkstechnik, Gütekontrolle und Wärmetechnik. Ausgehend von den volkswirtschaftlichen Erfordernissen wurde 1959 mit der Ausbildung von Ingenieuren in der Fachrichtung Automatisierung und 1967 in der Fachrichtung Datentechnik begonnen. Von diesem Zeitpunkt an wurde intensiv an der inhaltlichen Ausgestaltung dieser Fachrichtungen gearbeitet. Einen besonderen Schwerpunkt bildeten die Schaffung von Laborarbeitsplätzen und die Durchführung von Praktika entsprechend dem technologischen Niveau der Einsatzbetriebe.
Mit der weiteren Profilierung der Fachschulen erfolgte 1977 die Orientierung auf die Fachrichtung „Automatisierung der Verfahrenstechnik". Mit der Entwicklung dieser Fachrichtung begannen der Bau und die Ausrüstung entsprechender Seminarräume und Labors, die ihren vorläufigen Abschluß mit der Nutzung eines neuen Seminargebäudes im Jahre 1981 fanden. Dabei konnten langjährige Erfahrungen in der Laborausbildung in eine zweckdienliche Bau- und Ausrüstungsvariante umgesetzt werden.
Ein wesentliches Element der Ausrüstung ist die Eigenentwicklung eines Labormontagesystems, das die universelle Nutzung der Räume für Praktikum und Seminare gestattet. Außerdem ermöglicht es eine schnelle Anpassung an veränderte Versuchsbedingungen und Gerätetechnik und schafft somit sehr gute Voraussetzungen für die Kombination von Aus- und Weiterbildung.
Eine wesentliche Bedingung für die Verbesserung der praxisorientierten Ausbildung ist die gute Zusammenarbeit mit den Kombinaten und Betrieben des Ministeriumsbereiches Erzbergbau, Metallurgie und Kali. Aus diesem Bereich werden ständig Aufgaben der Pläne Wissenschaft und Technik durch Ingenieurabschlußarbeiten und Aufträge an studentische Arbeitsgruppen unter Leitung von Fachschullehrern realisiert. Auch für andere Bereiche der Volkswirtschaft werden wissenschaftlich-technische Aufgaben bearbeitet. So wurde z. B. in den Jahren 1979/80 für den VEB Kühlautomat Berlin ein Steuerungssystem mit mikroelektronischen Bauelementen projektiert, realisiert und beim Auftraggeber in Betrieb genommen. In Zusammenarbeit mit dem Kombinat VEB EAW Berlin-Treptow werden seit 1977 Projektierungslehrgänge für TRANSLOG 2 und ursalog 4000 durchgeführt, an denen bisher mehr als 300 Projektanten und Entwicklungsingenieure aus allen Industriezweigen teilgenommen haben. Dabei konnten wesentliche Erfahrungen gesammelt werden, um das Weiterbildungsangebot entsprechend den Anforderungen auf andere Bereiche der Anwendung der Mikroelektronik auszudehnen. Einen Schwerpunkt bildet dabei die Qualifikation von Spezialistengruppen für die Kombinate des Ministeriums Erzbergbau, Metallurgie und Kali. Gerade aus dieser Aufgabe ergeben sich für die Zukunft starke Impulse für die weitere Entwicklung der Fachrichtung unter Beachtung der spezifischen Besonderheiten des Ministeriumsbereiches. Hier geht es insbesondere um die enge Verknüpfung von Leistungs- und Mikroelektronik sowie die Beherrschung großer automatisierter Systeme.
Die Lehrer der Ingenieurschule für Automatisierung und Werkstofftechnik stehen vor der anspruchsvollen Aufgabe, durch eine effektive Kombination von Aus- und Weiterbildung den Erfordernissen der Industrie in bezug auf den verstärkten Einsatz mikroelektronischer Steuerungs- und Regelungssysteme sowie der Robotertechnik Rechnung zu tragen.

msr 7585 *H.-J. Beyer*

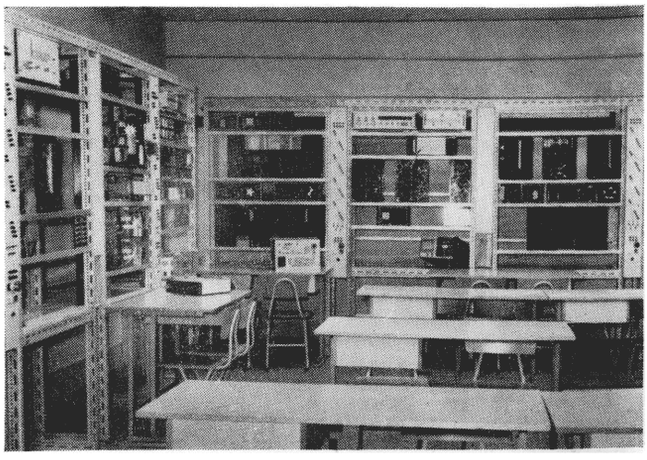


Bild 1
Seminarraum mit Labormontagesystem

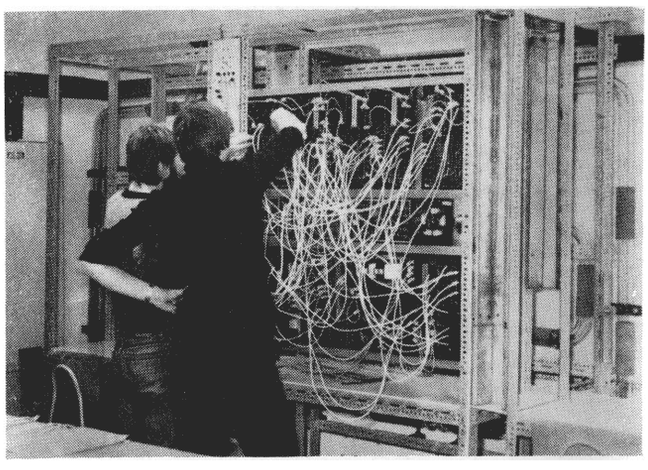


Bild 2
Praktikum mit dem System ursalog 4000

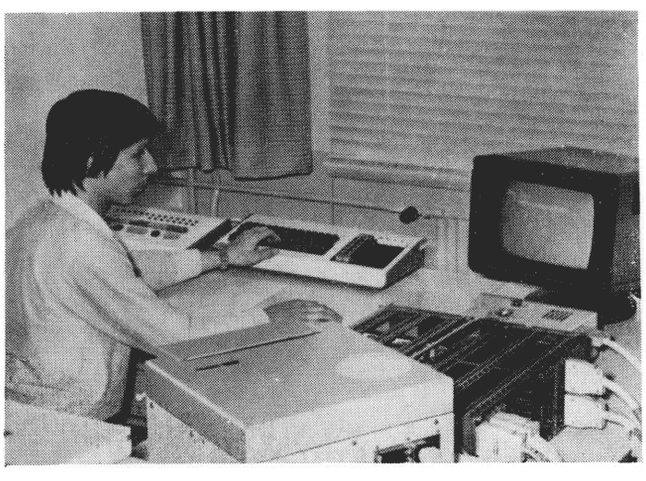
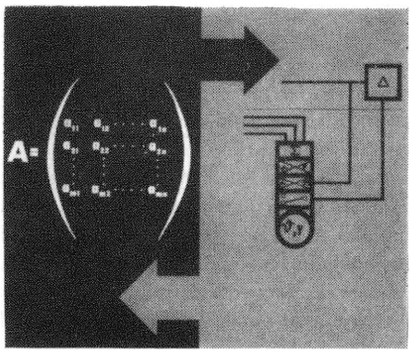


Bild 3
Mikrorechnerarbeitsplatz

msr

messen · steuern · regeln

Wissenschaftlich-technische Zeitschrift für die Automatisierungstechnik



Die Kluft zwischen Theorie und Praxis ist ein verbreitetes Phänomen, das in besonderem Maße auch in der Meß- und Automatisierungstechnik zutage tritt. Während auf der einen Seite Wissenschaftler und Forscher mehr und mehr komplizierte theoretische Probleme der Kybernetik bearbeiten, stehen auf der anderen die Praktiker, die bei der Entwicklung und dem Einsatz der Geräte- und Anlagentechnik die Sprache der Theoretiker mitunter kaum noch verstehen.
Für die Beherrschung und Weiterentwicklung der modernen Technik ist deshalb die Schließung dieser Lücke unbedingt erforderlich. Das kann aber nur durch ein Miteinander von Theoretikern und Praktikern erreicht werden, z. B. durch gemeinsame Weiterbildung und gemeinsamen Erfahrungsaustausch.
Einen Diskussionsbeitrag zu dieser Thematik im Zeitalter der Mikrorechentechnik finden Sie auf S. 182

Titelgrafik: *G. Schwesinger*

Herausgeber:

Wissenschaftlich-Technische Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik (WGMA) in der KDT

Redaktionsbeirat:

Obering. G. F. Berg, Dr. rer. nat. A. Borgwardt, Dr.-Ing. E. h. W. Britall, Prof. Dr.-Ing. W. Fritzsch, Doz. Dr.-Ing. H. Fuchs, Dr. rer. nat. H. Gena, Dipl.-Ing. H. Gottschalk, Dr.-Ing. K. Hilscher, Prof. Dr.-Ing. habil. D. Hofmann, Dipl.-Ing. K. Keller, Prof. em. Dr. phil. nat. Dr.-Ing. E. h. H. Kindler, Dipl.-Phys. G. Meister, Dr.-Ing. J. Müller, Prof. Dr. sc. techn. R. Müller, Obering. K.-H. Nagel, Prof. Dr.-Ing. S. Pilz, Dr.-Ing. W. Reichel, Prof. Dr. sc. techn. K. Reinisch, Dr.-Ing. H. Schulze, Prof. Dr.-Ing. H. Töpfer, Prof. Dr. sc. oec. G. Viehweger

4

25. Jahrgang
April 1982

VEB
VERLAG TECHNIK

AUFSÄTZE

ISSN 0026-0347

182 *W. Kriesel*
Überwindung der Gründe für die Kluft Theorie — Praxis in der Automatisierungstechnik

184 *H. Bode*
Systementkopplung — Voraussetzung für den Entwurf dezentraler Regler auf Mikrorechnerbasis

188 *K. Grubba* und *W. Quednow*
Testsystem für Mikrorechner-Programme

190 *W. Preuß* und *H. Schubert*
Praktische Berechnung der augenblicklichen Intervallverfügbarkeit bei nicht exponentiell verteilten Funktions- und Erneuerungszeiten

193 *M. Grün* und *E. Helmrich*
Stabilitätskennfunktion — eine Möglichkeit der Bewertung der Stabilität von Systemen mit Teilefluß

198 *H. Hennig*
Dimensionierung pneumatischer Übertragungsleitungen

204 *W. Korobkow* und *Ch. Harzbecker*
Zur Automatisierung der Nähprozesse bei der Schuhherstellung

211 *G. Hofmann*
Besonderheiten der deutschen Terminologie der Rechentechnik

215 **Programmierbare nichtnumerische Steuerungen (XV)**

217 *R. Wolf* und *K. Fiedler*
Elektronische Schaltungen der Automatisierungstechnik (38)

219 **KURZBEITRÄGE**

223 **AUS DER ARBEIT DER WGMA**

225 **TAGUNGEN UND KOLLOQUIEN**

232 **BUCHBESPRECHUNGEN**

236 **NEUE BÜCHER AUS DER UDSSR**

237 **VORSCHAU UND KURZINFORMATIONEN**

Prof. Dr. sc. phil. *W. Kriesel*, Leipzig[1])

Überwindung der Gründe für die Kluft Theorie — Praxis in der Automatisierungstechnik

IA 1.2.1.; 6.2

0. Einleitung

Mit dem Beitrag [1] wurde u. a. das Ziel verfolgt, Anregungen für eine weitere Diskussion des Wechselverhältnisses zwischen Theorie und Praxis zu geben. Damit soll der Meinungsbildungsprozeß fortgesetzt werden, wie er bereits vor etwa 10 Jahren in der Zeitschrift „msr" begonnen wurde [2] und [3]. Die zwischenzeitlich eingetretenen Weiterentwicklungen in der Theorie sowie der Generationswechsel durch Mikroprozeßrechner werfen die Fragestellung Theorie—Praxis neu auf [4] und [5], wobei praktische Problemstellungen aus der Projektierung verstärkt hinzutreten [6] und [7].

Wegen des relativ breiten Umstellungsprozesses durch Mikroelektronikanwendung und Industrierobotertechnik, dessen Ende keineswegs absehbar ist und der auch noch weitere Generationen von neuartigen Automatisierungsmitteln hervorbringen wird [8], erscheint dem Verfasser der Zeitpunkt für eine solche Diskussion als sehr geeignet. Gleichzeitig bestätigt der Verfasser vollinhaltlich die im Beitrag [1] getroffenen Aussagen, gestützt auf Erfahrungen, die aus Tätigkeit in Industrie und Hochschule resultieren. Nachfolgend soll daher besonders auf *Gründe* eingegangen werden, die eine solche Lücke zwischen Theorie und Praxis prinzipiell verursachen, um von daher Ansatzpunkte für die Überwindung beklagter Diskrepanzen zu erkennen.

1. Ziel-Lücke als Hauptgrund

In [1] wurde bereits herausgestellt, daß die Zielvorstellungen von Theoretikern und Praktikern häufig nicht übereinstimmen und daß eine unterschiedliche Motivation ihre Zusammenarbeit behindern kann. Bei genauerer Betrachtung der erforderlichen Entwurfstätigkeit in der Automatisierungsindustrie sowie der auf der anderen Seite bereitgestellten theoretischen Entwurfsverfahren zur automatischen Steuerung wird eine tieferliegende Ziel-Lücke deutlich. Man kann daher aussagen, daß die Lücke Theorie—Praxis sich primär als Ziel-Lücke erweist. Diese *Ziel-Lücke* besteht in einer Differenz zwischen den in der Praxis erforderlichen und intuitiv auch verwirklichten Optimierungsbemühungen bei *vielen Einzelzielen auf mehreren Zielebenen* und den andererseits von der *Steuerungstheorie* überwiegend angebotenen Entwurfsverfahren mit *nur einem einzigen Ziel* als Entwurfsdeterminante, z. B. die Regelabweichung in einem Integral-Gütekriterium. Somit ergibt sich die Lücke Theorie—Praxis in der Automatisierungstechnik primär als eine *notwendige Folge typischer Ursachen*:

- *Mono-Optimierung* beim theoretischen Entwurf von Steuerungssystemen, d. h., die auf diese Weise synthetisierten Steuerungen erfüllen im wesentlichen *nur ein einziges Steuerungsziel gut* (z. B. das Überschwingen), während alle anderen Steuerungsziele sowie weitere praktisch bedeutungsvolle Nicht-Steuerungsziele (Nebenziele) in unkontrollierter Weise und damit i. allg. relativ schlecht erfüllt werden.
- *Einebenen-Optimierung* im Widerspruch zum Mehrebenen-Aufbau der Zielmengen (Zielhierarchien) für praktische Automatisierungsobjekte. Damit geht die Orientierung auf übergeordnete Zielstellungen, denen objektiv das größere ökonomische Gewicht beizumessen ist, nicht selten verloren, und es stellt sich als Folge eine nichtkoordinierte Vielzieligkeit mit geringer Effizienz der Automatisierung ein.
- *Künstliche Zielstellungen*, die aus Idealisierungen abgeleitet und nicht aus praktischen Bedürfnissen analysierend abgehoben wurden, verbunden mit einer praxisfremden Bewertung, wirken in nicht geringem Maße fehlorientierend bei der Entwicklung theoretischer Entwurfsverfahren. Nicht selten ist gerade der Zwang zu einem einzigen Entwurfsziel auch Ursache einer gekünstelten Zielsetzung.

Die Einbeziehung von Methoden der Polyoptimierung und hierarchischen Optimierung bedeutet daher einen qualitativen Sprung in Richtung auf Praxisnähe der Entwurfsverfahren für Steuerungen. Dieser Abbau der Ziel-Lücke wird allerdings mit erheblicher Steigerung des Entwurfsaufwandes erkauft. Auf jeden Fall aber darf man die Erwartung äußern, daß damit die Denkhaltung für die Entwicklung von Entwurfstheorien für Steuersysteme gravierend im Sinne eines praxisorientierten Fortschritts beeinflußt wird. Ein fundamentaler Irrtum wäre sicher die Ansicht, alle praktischen Entwurfs- und Auswahlprobleme der Automatisierungstechnik nur noch mit Verfahren der Polyoptimierung/Hierarchieoptimierung lösen zu wollen. Vielmehr muß ein *praktikables System von Entwurfshilfen* zur Entwicklung und Projektierung von Automatisierungsmitteln auch für alle wichtigen Problemstellungen adäquate Lösungswege anbieten, d. h., es müssen geeignete Instrumentarien für kleine, mittlere und große Automatisierungsaufgaben mit unterschiedlicher Anzahl von Zielen sowie mit sehr verschiedenen Kenntnissen über das Automatisierungsobjekt (mathematisch-quantitative bis hin zu empirisch-qualitativen Objekt-Modellen) zur Verfügung stehen. Mathematische Entwurfstheorien setzen stets einen hohen Detaillierungsgrad der Objektmodelle voraus, der in der Praxis zum Entwurfszeitpunkt nicht selten fehlt oder schwer zu erstellen ist, und sie sind beim heutigen Stand nur für ein Ziel (Mono-Optimierung) oder wenige (2 bis 3) Ziele beherrschbar (Polyoptimierung, Hierarchieoptimierung). Dagegen erlauben empirisch-heuristische Entwurfsmethoden eine Auswahl besserer Lösungen auch bei geringer Detaillierung der Objektkenntnisse sowie für große Systeme mit vielen Einzelzielen bei unterschiedlicher Bewertung. Für forschungs- und anwendungsstrategische Überlegungen zu Entwurfsverfahren und Optimierungsmethoden für Automatisierungszwecke sollte folglich die Komplettierung eines niveaugestuften, praxisorientierten Systems von *Entwurfshilfen für Entwicklung und Projektierung einschließlich mathematischer und heuristischer Methoden* im Vordergrund stehen. Die Überwindung der großen Diskrepanzen bei den Zielen für den Entwurf von Automatisierungssystemen trägt entscheidend zur Überwindung der Lücke Theorie—Praxis bei. Hieraus leiten sich aber auch noch weitere Konsequenzen ab.

[1]) Mitteilung aus der TH Leipzig, Sektion Automatisierungsanlagen.

Tafel. Automatisierungshierarchie

IG Informationsgewinnung (Meßtechnik); IN Informationsnutzung (Stelltechnik);
IE Informationseingabe durch den Menschen; IA Informationsausgabe an den Menschen

	Funktionsebenen F_i	Ziel- (Aufgaben-) hierarchie	Steuerungs- und Entwurfshierarchie (zielorientiert)	(Objekt-) Modellhierarchie (zielorientiert)
Koordinierungsebenen	$F5$ Übergeordnete Koordinierung	$Z5$: Planung, Disposition	$S5$ $E5$ (für Planung und Disposition zur übergeordneten Koordinierung)	$M5$
	$F4$ Zentrale Koordinierung	$Z4$: Produktivitätssteuerung (Kosten); Prozeßsicherung, Modellbildung	$S4$ $E4$ (für Produktivitätskenngrößen, Prozeßsicherung, Bilanzen, Kosten, Modellbildung)	$M4$
	$F3$ Dezentrale Koordinierung	$Z3$: Produktgüte, Regimewechsel, An- und Abfahren, Diagnose, Eigenüberwachung, Identifikation	$S3$ $E3$ (für Güte, Regimewechsel, An- und Abfahren, Diagnose, Überwachung, Modellbildung/Identifikation)	$M3$
MSR-Basisebenen	$F2$	$Z2$: Stabilisierung elementarer Prozeßparameter (T, P, F, L, Q ...)	$S2$ $E2$ (für Stabilisierung elementarer Prozeßparameter bzw. Abläufe sichern)	$M2$
	$F1$ Meß- und Stellebene	$Z1$: zielorientierte IG/IN sowie IE/IA	IG/IN sowie IE/IA für Steuerungsbedarf auf allen Ebenen	IG/IN sowie IE/IA für Modellbildung auf allen Ebenen
	$F0$ Prozeßebene	$Z0$: zielorientierte Dekomposition		
		Zielmenge (bewertet)	Mittelmenge (zur Zielrealisierung)	

2. Hierarchiesysteme der Automatisierung

Bei größeren Automatisierungsaufgaben umfassen die Automatisierungsziele bekanntlich mehrere Ebenen, die sich qualitativ unterscheiden. Ebenso sind die zugehörigen Steuerungen (Algorithmen), mit denen man diese verschiedenen Ebenen von Automatisierungszielen erfüllen kann, gleichfalls für jede Ebene qualitativ unterschiedlich. Entsprechendes muß dann auch für die Entwurfshilfen gelten, die demnach für jede Ebene spezifischen Charakter haben. Und schließlich benötigt jede Entwurfsmethode auf jeder Ebene auch andere Ausgangsinformationen über das Automatisierungsobjekt (Objektmodelle für jede Ebene abgestuft). Eine Automatisierungshierarchie umfaßt demnach mindestens folgende Hierarchiesysteme (vgl. Tafel):

- *Zielhierarchie Z* (bewertet), die von der Automatisierung zu erfüllen ist
- *Steuerungshierarchie S*, mit deren Hilfe die Zielhierarchie auf jeder Ebene umgesetzt wird
- *Entwurfshierarchie E*, mit deren Hilfe spezifisch für jede Ebene die benötigten Steuerungen S optimal entwickelt und projektiert werden können
- *(Objekt-)Modellhierarchie M* zur geeigneten Beschreibung des Automatisierungsobjektes unter dem Aspekt der jeweiligen Zielebene und für den Informationsbedarf der anzuwendenden Entwurfshilfen.

Weiterhin benötigt man für den Betrieb spezifische *Meßinformationen für jede Ebene* und die Möglichkeit geeigneter *Stelleingriffe für die Steuerungssysteme jeder Ebene*; entsprechendes gilt für die Ebenen der Kommunikation Mensch — Automatik (IE/IA). Diese erweiterte Hierarchieauffassung kommt den praktischen Gegebenheiten nahe, wie sie bei der Anlagenautomatisierung und hier insbesondere auf der Basis von Mikroprozeßrechnern auftreten; Einzelheiten sind in [4] [9] und [10] dargestellt. Zugleich tritt diese Hierarchieauffassung den nicht selten anzutreffenden *Einseitigkeiten* in der theoretischen Behandlung von Automatisierungsproblemen entgegen, wie sie historisch gewachsen bzw. aus Spezialfällen oder Idealisierungen abgeleitet sind. So ist z. B. mit einer (Objekt-) Modellhierarchie dem unter Theoretikern noch weit verbreiteten Idealbild von großen Universalmodellen entgegenzutreten. Modellhierarchie bedeutet zugleich Dekomposition und erhebliche Modellreduktion (etwa Ordnungsreduktion der Differentialgleichungen). Wichtiger erscheint an dieser Stelle jedoch die Aufforderung, die *theoretischen Forschungen* verstärkt auf *qualitativ neue Seiten der Automatisierung* zu lenken (z. B. neue Hierarchieebenen, wie Prozeßsicherung; erweiterte Funktionen, wie automatische Diagnose u. ä.). Abzuraten ist von einer Perfektionierung klassischer Methoden und Fragestellungen (Stabilisierung elementarer Prozeßparameter auf der Basisebene; nur ein Entwurfsziel).

Schlußfolgerungen

Die Ausführungen zu Widersprüchen zwischen Theorie und Praxis sollten verdeutlichen, daß die Probleme tiefer liegen als nur auf der Ebene von gestörter Zusammenarbeit zwischen Theoretikern und Praktikern oder erforderlicher Nachqualifizierung. Zur Überwindung der Kluft Theorie — Praxis in der Automatisierungstechnik sind daher auch alle Ansätze, die primär auf eine Verbreiterung der Aus- und Weiterbildung setzen und dadurch einen Automatismus erhoffen, nahezu chancenlos. Vielmehr bedarf die *Forschungsarbeit* einer qualitativen Neuorientierung hinsichtlich ihrer Inhalte, aufbauend auf praxisrelevant abgehobenen und bewerteten Zielmengen sowie ausgehend von ingenieurmäßig erfüllbaren Voraussetzungen, insbesondere hinsichtlich der real zum Entwurfszeitpunkt beschaffbaren Objektkenntnisse und ihrer Modellierung. Damit entwickelt sich die Basis für praxisnähere Lehrinhalte, deren Verbreitung dann allerdings chancenreich zur Überwindung dieser auf die Dauer unakzeptablen Kluft beitragen wird.

Literatur

[1] *Fuchs, H.:* Bemerkungen zu den Wechselbeziehungen zwischen Theorie und Praxis der Automatisierungstechnik. msr 24 (1981) H. 1, S. 46 und 47.

[2] *Töpfer, H.:* Lücke Theorie — Praxis. msr 15 (1972) H. 5, S. 173.

[3] *Töpfer, H.:* Beeinflussen sich Regelungstheorie und MSR-Gerätetechnik in ausreichendem Maße? msr 17 (1974) H. 11, S. 370–373.

[4] *Töpfer, H.; Kriesel, W.:* Automatisierungssysteme mit Mikroprozeßrechnern — Konsequenzen für Theorie und Instrumentierung. msr 21 (1978) H. 7, S. 362–367.

[5] *Töpfer, H.; Fuchs, H.; Willem, H.:* Moderne gerätetechnische Mittel und ihre Konsequenzen für neue Automatisierungskonzepte. msr **23** (1980) H. 1, S. 3–10.
[6] *Müller, R.:* Betrachtungen zwischen Theorie und Praxis in der Regelungstechnik unter dem Gesichtspunkt der Projektierung. Wiss. Berichte TH Leipzig (1975) H. SD 8/75, S. 17–25.
[7] *Töpfer, H.:* Wechselwirkungen zwischen Theorie, Gerätetechnik und Anlagenprojektierung. rt **27** (1979) H. 1, S. 12–18.
[8] *Töpfer, H.; Kriesel, W.:* Zur funktionellen und strukturellen Weiterentwicklung der Automatisierungsanlagentechnik. msr **24** (1981) H. 4, S. 183 bis 188.
[9] *Petrasch, W.:* Wandel in der Automatisierung von Chemieanlagen. msr **24** (1981) H. 4, S. 188–191.
[10] *Töpfer, H.; Kriesel, W.:* Automatisierungstechnik – Gegenwart und Zukunft. Band 200 der REIHE AUTOMATISIERUNGSTECHNIK. Berlin: VEB Verlag Technik 1982. msr 7559

Dr.-Ing. *H. Bode*, Magdeburg[1])

Systementkopplung – Voraussetzung für den Entwurf dezentraler Regler auf Mikrorechnerbasis

IA 2.1.7.; 2.3.1.7.

0. Einleitung

Die Zerlegung großer Systeme in handhabbare Teilsysteme und eine Zuordnung der entsprechenden Eingangs- und Ausgangsgrößen zu diesen Teilsystemen sind eine wesentliche Voraussetzung für den Entwurf dezentraler Regler und somit auch für den Einsatz der Mikrorechnertechnik. Neben der Methode der Dekomposition, die mit Hilfe Boolescher Algebra von der Struktur her zerlegbare Systeme in ihre Teilsysteme aufspaltet, spielen die Methoden der Dezentralisation bzw. Entkopplung von Systemen eine große Rolle.

Nachfolgend soll anhand eines technologischen Prozesses, der durch einen Satz von zwei Differentialgleichungen mit zwei steuerbaren Eingangsgrößen und einer meßbaren Zustandsgröße beschrieben wird, der Vorgang der Dezentralisation erläutert werden.

Nach Zuordnung der beiden Eingänge zu den entsprechenden Zuständen wird das Modell der Meßeinrichtung hinzugefügt. Die möglichen Zuordnungen der Zustände der Meßeinrichtung zu den einzelnen Steuergrößen werden diskutiert.

1. Einführung in die Eingangsdezentralisation

1.1. Ausgangspunkt und Voraussetzungen

Die nachfolgend beschriebene Methode beruht auf einer von *Šiljak* und *Vukčevic* 1976 veröffentlichten Prozedur [1]. Sie wird hier um den Störgrößenanteil und die Präzisierung der Bedingungen erweitert. Gegeben ist ein System, beschrieben durch das Vektordifferentialgleichungssystem

$$\dot{\boldsymbol{z}}(t) = \hat{\boldsymbol{A}}\boldsymbol{z}(t) + \hat{\boldsymbol{B}}\boldsymbol{u}(t) + \hat{\boldsymbol{B}}_s\boldsymbol{s}(t)\,, \tag{1}$$

$$\boldsymbol{y}(t) = \hat{\boldsymbol{C}}\boldsymbol{z}(t)\,, \tag{2}$$

wobei $\boldsymbol{z}(t)$ der Zustandsvektor $n \times 1$, $\boldsymbol{u}(t)$ der Steuervektor $m \times 1$, $\boldsymbol{s}(t)$ der Störvektor $k \times 1$ und $\boldsymbol{y}(t)$ der Ausgangsvektor $r \times 1$ ist, mit den konstanten Matrizen $\hat{\boldsymbol{A}}(n \times n)$, $\hat{\boldsymbol{B}}(n \times m)$, $\hat{\boldsymbol{B}}_s(n \times k)$ und $\hat{\boldsymbol{C}}(r \times n)$.

Das angegebene System (1) wird in t Teilsysteme zerlegt. Die Zerlegung erfolgt unter den Bedingungen:

– maximal in t Teilsysteme, mit

$$t = n/m \tag{3}$$

– die Ordnung der Teilsysteme ist l_p, es gilt

$$n = \sum_{p=1}^{t} l_p \tag{4}$$

– die Paare $(\hat{\boldsymbol{A}}_p, \hat{\boldsymbol{B}}_p)$ müssen die Steuerbarkeitsbedingung

$$\text{rang}\,[\hat{\boldsymbol{B}}_p \,\vdots\, \hat{\boldsymbol{A}}_p\hat{\boldsymbol{B}}_p \,\vdots\, \dots \,\vdots\, \hat{\boldsymbol{A}}_p^{l_p-1}\hat{\boldsymbol{B}}_p] = l_p \tag{5}$$

erfüllen, wobei die Bedingung (5) vom Format $(l_p \times l_p \cdot m)$ ist

– für die minimale Ordnung des Teilsystems muß gelten $l_p = m$.

Die Teilsysteme haben dann folgenden Aufbau:

$$\dot{\boldsymbol{z}}_p = \hat{\boldsymbol{A}}_p\boldsymbol{z}_p + \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^{t} \hat{\boldsymbol{A}}_{pq}\boldsymbol{z}_q + \hat{\boldsymbol{B}}_p\boldsymbol{u} + \hat{\boldsymbol{B}}_{sp}\boldsymbol{s} \tag{6}$$

mit $\boldsymbol{z}_p(l_p \times 1)$; $p = 1, 2, \dots, t$.

1.2. Ablauf der Prozedur

1.2.1. Prozeßmodell

Im weiteren wird der Ablauf anhand eines in [2] angegebenen Beispiels verfolgt. Es handelt sich um den Prozeß der Verbrennung von Schwefel mit dem Ziel der Gewinnung eines SO_2-haltigen Gases

$$\begin{bmatrix}\dot{z}_1\\ \dot{z}_2\end{bmatrix} = \begin{bmatrix}\hat{a}_{11} & \hat{a}_{12}\\ \hat{a}_{21} & \hat{a}_{22}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}z_1\\ z_2\end{bmatrix} + \begin{bmatrix}\hat{b}_{11} & \hat{b}_{12}\\ \hat{b}_{21} & \hat{b}_{22}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}u_1\\ u_2\end{bmatrix} + \\ + \begin{bmatrix}\hat{b}_{s11} & \hat{b}_{s12} & 0 & \hat{b}_{s14}\\ 0 & \hat{b}_{s22} & \hat{b}_{s23} & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}s_1\\ s_2\\ s_3\\ s_4\end{bmatrix}, \tag{7}$$

$$[y] = [1 \quad 0]\,[z]\,. \tag{8}$$

1.2.2. Zerlegung in Teilmodelle

$$\left.\begin{array}{l}\text{Ordnung } n = 2\\ \text{Eingänge } m = 2\end{array}\right\} \Rightarrow t = 1 \quad \text{Teilsystem}$$

Das Teilsystem entspricht dem Originalsystem, d. h. $l = n = 2 = m$, somit ist nur noch der Steuerbarkeitstest durchzuführen.

$$\text{rang}\left[\begin{array}{cc:cc}\hat{b}_{11} & \hat{b}_{12} & \hat{A} & \hat{B}\\ \hat{b}_{21} & \hat{b}_{22} & & \end{array}\right] \Rightarrow \text{rang} = 2 = l\,.$$

1.2.3. Transformation in einen Zwischenstand

Durch Anwendung von einer in [3] vorgeschlagenen linearen nichtsingulären Transformation wird der Zustand z in den Zwischenzustand $\bar{z}$ überführt, d. h.

$$\bar{\boldsymbol{z}}_p = \boldsymbol{Q}_p^{-1}\boldsymbol{z}_p\,, \tag{9}$$

wobei $\boldsymbol{Q}_p$ wie folgt definiert ist:

$$\boldsymbol{Q}_p = [\hat{b}_1^p, \dots, \hat{\boldsymbol{A}}_p^{n_{p1}-1}\hat{b}_1^p; \dots; \hat{b}_m^p, \dots, \hat{A}^{n_{pm}-1}\hat{b}_m^p]\,. \tag{10}$$

Dabei entsprechen die $\hat{b}_1^p$ den Spalten der Matrix $\hat{\boldsymbol{B}}_p$. Die Vorgehensweise beim Auffinden der Matrix $\boldsymbol{Q}_p$ ist nach [3] folgendermaßen:

[1]) Mitteilung aus der TH „Otto von Guericke" Magdeburg, Sektion 9, WB Regelungstechnik und Prozeßsteuerungen.

- Man wählt eine der Spalten von $\hat{\boldsymbol{B}}_p$ aus, so z. B. die 1. Spalte $\hat{\boldsymbol{b}}_1^p$.
- Danach wählt man irgend eine andere Spalte von $\hat{\boldsymbol{B}}_p$ aus, so z. B. die 2. Spalte $\hat{\boldsymbol{b}}_2^p$ oder den Vektor $\hat{\boldsymbol{A}}_p \boldsymbol{b}_1^p$.
  Voraussetzung für die Verwendung dieses Vektors ist seine lineare Unabhängigkeit vom vorhergehenden Vektor.
- In Fortsetzung dieser Prozedur wählt man den neuen Vektor $\hat{\boldsymbol{A}}_p^j \hat{\boldsymbol{b}}_k^p$ unter der Voraussetzung, daß alle Produkte mit niederer Potenz von $\hat{\boldsymbol{A}}_p$ mal $\hat{\boldsymbol{b}}_k^p$ bereits in die gesuchte Matrix $\boldsymbol{Q}_p$ als Spalten aufgenommen wurden. Ist irgend ein $\hat{\boldsymbol{A}}_p^j \hat{\boldsymbol{b}}_k^p$ linear abhängig von seinem Vorgänger, so gilt das auch für $\hat{\boldsymbol{A}}_p^{j+1} \hat{\boldsymbol{b}}_k^p$ und alle weiteren Vektoren [4]. Ein Heranziehen dieser linear abhängigen Vektoren zur Bildung der Transformationsmatrix $\boldsymbol{Q}_p$ ist ausgeschlossen, da dies zu einer singulären Matrix führen würde.
- Der Auswahlprozeß ist beendet, wenn l_p linear unabhängige Vektoren gefunden sind.
- Die l_p linear unabhängigen Vektoren werden dann nach der in Gl. (10) angegebenen Form geordnet, und die Matrix $\boldsymbol{Q}_p$ ist gefunden.

Die Anzahl der Vektoren, die zur i-ten Stellgröße gehören, werden durch die Zahl n_{pi}, den sog. Kronecker-Index, gekennzeichnet. Zwischen der Ordnung l_p des Teilsystems und den Kronecker-Indizes n_{pi} besteht folgender Zusammenhang:

$$l_p = \sum_{i=1}^{m} n_{pi} . \tag{11}$$

Für das Beispiel erhält man für $\boldsymbol{Q}_1$:

$$\boldsymbol{Q}_1 = [\hat{\boldsymbol{b}}_1^1 \quad \hat{\boldsymbol{b}}_2^1] = \begin{bmatrix} \hat{b}_{11} & \hat{b}_{12} \\ \hat{b}_{21} & \hat{b}_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 637{,}868 & -3811{,}6638 \\ 15{,}62 & -0{,}0146367 \end{bmatrix} . \tag{12}$$

Die funktionellen Zusammenhänge des Zwischenzustandes $\bar{z}$ ergeben sich zu:

$$\dot{\bar{z}}_p = \bar{A}_p \bar{z}_p + \sum_{\substack{q=1 \\ q \neq p}}^{t} \bar{A}_{pq} \bar{z}_q + \bar{B}_p \boldsymbol{u} + \bar{B}_{sp} \boldsymbol{s} ; \quad p = 1, 2 \ldots, t . \tag{13}$$

Durch Einsetzen von $\boldsymbol{Q}_p \bar{\boldsymbol{z}}_p$ für $\boldsymbol{z}_p$ und Vormultiplizieren der Gl. (6) mit $\boldsymbol{Q}_p^{-1}$ ergeben sich die einzelnen Matrizen zu:

$$\left.\begin{aligned} &\bar{\boldsymbol{A}}_p = \boldsymbol{Q}_p^{-1} \hat{\boldsymbol{A}}_p \boldsymbol{Q}_p ; \quad \bar{\boldsymbol{A}}_{pq} = \boldsymbol{Q}_p^{-1} \boldsymbol{A}_{pq} \boldsymbol{Q}_q ; \quad \bar{\boldsymbol{B}}_p = \boldsymbol{Q}_p^{-1} \hat{\boldsymbol{B}}_p \\ &\hat{\boldsymbol{B}}_{sp} = \boldsymbol{Q}_p^{-1} \hat{\boldsymbol{B}}_{sp} ; \quad \bar{\boldsymbol{C}}_p = \hat{\boldsymbol{C}}_p \boldsymbol{Q}_p \end{aligned}\right\} \tag{14}$$

mit

$$\hat{\boldsymbol{A}}_1 = \begin{bmatrix} 8{,}92917 & 56490{,}98 \\ -0{,}0123157 & -61{,}304068 \end{bmatrix} \text{ folgt} \tag{15a}$$

$$\bar{\boldsymbol{A}}_1 = \begin{bmatrix} -62{,}0350513 & 3{,}0718302 \\ -243{,}372637 & 9{,}6601509 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{a}_{11} & \bar{a}_{12} \\ \bar{a}_{21} & \bar{a}_{22} \end{bmatrix} . \tag{15b}$$

Die Matrix $\bar{\boldsymbol{B}}_p$ muß folgendes Aussehen haben:

$$\bar{\boldsymbol{B}}_p = \begin{bmatrix} \bar{\boldsymbol{b}}_1^p & \ldots & 0 \\ 0 & \bar{\boldsymbol{b}}_2^p & \cdots \\ \vdots & & \\ 0 & \ldots & \bar{\boldsymbol{b}}_m^p \end{bmatrix} \quad \text{mit} \quad \bar{\boldsymbol{b}}_i^p = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} , \tag{16}$$

wobei $\bar{\boldsymbol{b}}_i^p$ vom Format $(n_{pi} \times 1)$ ist.
Für das Beispiel gilt $l_1 = 2 = n_{11} + n_{12} = 1 + 1$, d. h., jeder der beiden Steuervektoren hat gleichen Anteil, somit wird $\bar{\boldsymbol{b}}_1^1 = \bar{\boldsymbol{b}}_2^1 = 1$ bzw. gilt

$$\bar{\boldsymbol{B}}_1 = \boldsymbol{I} = \boldsymbol{Q}_1^{-1} \boldsymbol{B}_1 , \quad \text{da} \quad \boldsymbol{B}_1 = \boldsymbol{Q}_1 . \tag{17}$$

Mit

$$\boldsymbol{B}_{s1} = \begin{bmatrix} 0{,}17195 & 7{,}3861 & 0 & 0{,}0554 \\ 0 & 1{,}1675 \cdot 10^{-5} & -5{,}604 \cdot 10^{-7} & 0 \end{bmatrix} \tag{18a}$$

folgt

$$\bar{\boldsymbol{B}}_{s1} = \begin{bmatrix} -4{,}2278 \cdot 10^{-8} & -4{,}2823 \cdot 10^{-7} & -3{,}5883 \cdot 10^{-8} & -1{,}3622 \cdot 10^{-8} \\ -4{,}5119 \cdot 10^{-5} & -1{,}9378 \cdot 10^{-3} & -6{,}0048 \cdot 10^{-9} & -1{,}4537 \cdot 10^{-5} \end{bmatrix} \tag{18b}$$

und

$$\bar{\boldsymbol{C}}_1 = [637{,}868 \quad -3811{,}6638 \tag{19}$$

Zustandsvektor

$$\begin{bmatrix} \bar{z}_1 \\ \bar{z}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2{,}4588 \cdot 10^{-7} & 0{,}0640305 \\ -2{,}624 \cdot 10^{-4} & 0{,}0107153 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \end{bmatrix} . \tag{20}$$

Die Beziehungen der Gl. (20) folgen aus Gl. (9).

1.2.4. Transformation in den eingangsdezentralen Zustand

Infolge Gl. (16) kann man den Zwischenzustand $\bar{\boldsymbol{z}}_p$ von jedem Teilsystem entsprechend Gl. (13) in die Vektoren $\bar{\boldsymbol{z}}_{pi}$ vom Format $(n_{pi} \times 1)$ zerlegen und den entsprechenden Steuergrößen u_i zuordnen, wobei ein unmittelbarer Zusammenhang zu den $\bar{\boldsymbol{b}}_i^p$ besteht. Durch diese Umgruppierung und Zuordnung der Zustände z_{pi} zu den entsprechenden Steuergrößen u_i ergeben sich die neuen Zustandsvektoren $\boldsymbol{x}_i$ vom Format $(n_i \times 1)$ mit

$$n_i = \sum_{p=1}^{t} n_{pi} . \tag{21}$$

Als Abschluß dieser Umgruppierung ergibt sich dann das Gesamtsystem, bestehend aus m Teilsystemen mit folgendem Aufbau:

$$\left.\begin{aligned} \dot{\boldsymbol{x}}_i = \boldsymbol{A}_i \boldsymbol{x}_i + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^{m} \boldsymbol{A}_{ij} \boldsymbol{x}_j + \boldsymbol{b}_i u_i + \boldsymbol{B}_{si} \boldsymbol{s} \\ \text{mit} \quad i = 1, 2, \ldots, m . \end{aligned}\right\} \tag{22}$$

Den endgültigen Zustand $\boldsymbol{x}$ erhält man dann mit Hilfe der nichtsingulären linearen Transformation

$$\boldsymbol{x} = \boldsymbol{P} \bar{\boldsymbol{z}} . \tag{23}$$

In Gl. (23) ist $\boldsymbol{P}$ die Permutationsmatrix, in ihr tritt in jeder Spalte und jeder Zeile jeweils nur einmal die „Eins" auf, sonst sind alle anderen Elemente „Null".
Es gilt $\boldsymbol{P}^{-1} = \boldsymbol{P}^T$.
Die Permutationsmatrix hat eine Blockform, d. h.

$$\boldsymbol{P} = (\boldsymbol{P}_1^T, \boldsymbol{P}_2^T, \ldots, \boldsymbol{P}_m^T)^T .$$

Es ergibt sich

$$\boldsymbol{P}_i = \left.\begin{bmatrix} \underbrace{\boldsymbol{0} \ldots \boldsymbol{0}}_{i-1} & \boldsymbol{I}_{1i} & \underbrace{\boldsymbol{0} \quad \boldsymbol{0} \quad \ldots \boldsymbol{0}}_{(t-1)\,m+1} & \underbrace{\boldsymbol{0} \ldots \boldsymbol{0}}_{m-i} \\ \boldsymbol{0} \ldots \boldsymbol{0} & \boldsymbol{0} \quad \boldsymbol{0} & \boldsymbol{I}_{2i} \ldots \boldsymbol{0} & \boldsymbol{0} \ldots \boldsymbol{0} \\ \boldsymbol{0} \quad \boldsymbol{0} & \boldsymbol{0} \quad \boldsymbol{0} \quad \boldsymbol{0} & \ldots \boldsymbol{I}_{ti} & \boldsymbol{0} \ldots \boldsymbol{0} \end{bmatrix}\right\} t . \tag{24}$$

Die $\boldsymbol{I}_{pi}$ mit $p = 1, 2, \ldots, t$ und $i = 1, 2, \ldots, m$ stellen Einheitsmatrizen vom Format $(n_{pi} \times n_{pi})$ und die $\boldsymbol{0}$-Elemente Nullmatrizen vom entsprechenden Format dar.
Für das Beispiel gilt:

$$i = 1, 2 \quad \text{da} \quad m = 2; \qquad t = 1$$

$$i = 1: \qquad i - 1 = 0 , \qquad (t-1)\,m + 1 = 1 , \quad m - i = 1$$

$$i = 2: \quad i - 1 = 1 , \qquad (t-1)\,m + 1 = 1 , \quad m - i = 0$$

$$\boldsymbol{P}_1 = [\boldsymbol{I}_{11} \quad \boldsymbol{0}] , \qquad \boldsymbol{P}_2 = [\boldsymbol{0} \quad \boldsymbol{I}_{12}]$$

$$\boldsymbol{P} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{I}_{11} & \boldsymbol{0} \\ \boldsymbol{0} & \boldsymbol{I}_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \boldsymbol{I} . \tag{25}$$

Somit ergibt sich als Endzustand des aus m Teilsystemen bestehenden Gesamtsystems

$$\left.\begin{aligned} \dot{\boldsymbol{x}} &= \boldsymbol{A}\boldsymbol{x} + \boldsymbol{B}\boldsymbol{u} + \boldsymbol{B}_s \boldsymbol{s} , \\ \boldsymbol{y} &= \boldsymbol{C}\boldsymbol{x} \end{aligned}\right\} \tag{26}$$

mit

$$A = P\bar{A}P^T, \quad B = P\bar{B}, \quad B_s = P\bar{B}_s, \quad C = \bar{C}P^T,$$

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} \bar{A}_1 & \bar{A}_{12} \dots \bar{A}_{1t} \\ \bar{A}_{21} & \bar{A}_2 \\ \vdots & \ddots \\ \bar{A}_{t1} \dots \dots & \bar{A}_t \end{bmatrix}, \quad \bar{B} = \begin{bmatrix} \bar{B}_1 \\ \bar{B}_2 \\ \vdots \\ \bar{B}_t \end{bmatrix}, \quad \bar{B}_s = \begin{bmatrix} \bar{B}_{s1} \\ \bar{B}_{s2} \\ \vdots \\ \bar{B}_{st} \end{bmatrix}$$

$$\bar{C} = [\bar{C}_1 \ \bar{C}_2 \ \dots \ \bar{C}_t]. \tag{27}$$

Da im Beispiel die Permutationsmatrix P gleich der Einheitsmatrix I ist, gilt

$$A = \bar{A}_1, \quad B = \bar{B}_1, \quad B_s = \bar{B}_{s1}, \quad C = \bar{C}_1 \text{ und}$$
$$x = [x_1, x_2]^T = [\bar{z}_1, \bar{z}_2]^T \text{ nach Gl. (20)}. \tag{28}$$

2. Hinzunahme einer Meßeinrichtung

2.1. *Allgemeine Hinweise*

Eine der beiden Zustandsgrößen des Prozesses — die Temperatur — ist meßbar. Für eine Nutzung des Prozeßmodells zum Entwurf der Regeleinrichtungen ist es notwendig, das Zeitverhalten der dafür erforderlichen Meßeinrichtung mit zu berücksichtigen. Nach [2] ergibt sich für die Meßeinrichtung ein System 2. Ordnung mit einem Eingang und einem Ausgang. Das neue Prozeßmodell stellt eine Reihenschaltung des Modells der Strecke und der Meßeinrichtung dar. Es ergibt sich nun die Frage, kann dieses neue System eingangsdezentralisiert werden und wenn ja, wie muß die Zuordnung der beiden Zustandsgrößen der Meßeinrichtung zu den beiden Steuergrößen erfolgen, da ja diese beiden Zustandsgrößen nicht direkt von außen gesteuert werden können. Mit anderen Worten, eine Aufteilung des Gesamtmodells in zwei steuerbare Teilmodelle ist nicht möglich. Für die Lösung dieser Aufgabe werden nachfolgend zwei Wege beschritten und die Ergebnisse untereinander verglichen.

a) Das noch nicht eingangsdezentralisierte Modell der Strecke wird mit dem der Meßeinrichtung gekoppelt und die Eingangsdezentralisation des Gesamtsystems durchgeführt.
b) An das bereits eingangsdezentralisierte Modell der Strecke wird das der Meßeinrichtung angepaßt, so daß das Gesamtmodell ebenfalls eingangsdezentral ist.

2.2. *Weg a)*

Das Gesamtmodell ergibt sich zu:

$$\begin{bmatrix} \dot{z}_1 \\ \dot{z}_2 \\ \dot{z}_3 \\ \dot{z}_4 \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{cc:cc} \hat{a}_{11} & \hat{a}_{12} & 0 & 0 \\ \hat{a}_{21} & \hat{a}_{22} & 0 & 0 \\ \hdashline 0 & 0 & 0 & 1 \\ \hat{a}_{41} & 0 & \hat{a}_{43} & \hat{a}_{44} \end{array}\right] \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B \\ \\ 0 \end{bmatrix} [u] \begin{bmatrix} B_s \\ \\ 0 \end{bmatrix} [s], \tag{29}$$

$$[y] = [0 \quad 0 \quad 1 \quad 0] \ [z]. \tag{30}$$

Verteilt man die Zustände gleichmäßig auf die Steuergrößen, so ergibt sich aus Gl. (10) eine singuläre Transformationsgleichung, mit der eine Transformation in den Zwischenzustand nicht möglich ist. Aus diesem Grund ist es notwendig, daß eine der beiden Steuergrößen drei Zustände übernimmt, d. h., es gilt für Q

$$Q = [\hat{b}_i \ \hat{A}\hat{b}_i \ \hat{A}^2\hat{b}_i \ \hat{b}_j]. \tag{31}$$

Somit ergeben sich zwei verschiedene Matrizen Q und dementsprechend auch zwei verschieden aufgebaute Systemgleichungen. Unter Verwendung der Koeffizienten der Gln. (12), (15a) und (18a) sowie $\hat{a}_{41} = 0{,}000320\,46$; $\hat{a}_{43} = -0{,}026\,705$; $\hat{a}_{44} = -0{,}675\,105$ ergeben sich

— Für $i = 1$ und $j = 2$ in Gl. (31)

$$Q = \begin{bmatrix} 637{,}868 & 888\,084{,}7 & -46\,607\,962{,}5 & -3811{,}6638 \\ 15{,}62 & -965{,}425 & 48\,247{,}114 & -0{,}0146367 \\ 0 & 0 & 0{,}204\,411 & 0 \\ 0 & 0{,}204\,411 & 284{,}457\,625 & 0 \end{bmatrix}, \tag{32}$$

$$P = I, \tag{33}$$

$$A = \bar{A} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -129\,191\,901{,}7 & -367{,}6353193 \\ 1 & 0 & -2010\,545{,}334 & -5{,}975\,631\,006 \\ 0 & 1 & 1391{,}595\,301 & 0 \\ 0 & 0 & -507\,681\,488{,}1 & -1444{,}645\,304 \end{bmatrix}, \tag{34}$$

$$B = \bar{B} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, (35); \quad C = \bar{C} = [0 \quad 0 \quad 0{,}204\,411 \quad 0] \tag{36}$$

$$B_s = \bar{B}_s = \begin{bmatrix} 0 & 0{,}1388 \cdot 10^{-5} & -0{,}3588 \cdot 10^{-7} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0{,}450\,51 \cdot 10^{-4} & -0{,}001\,935 & -0{,}600\,36 \cdot 10^{-8} & -0.145\,148 \cdot 10^{-4} \end{bmatrix} \tag{37}$$

— Für $i = 2$ und $j = 1$ in Gl. (31)

$$Q = \begin{bmatrix} -3811{,}6638 & -34\,861{,}8335 & 2391\,274{,}85 & 637{,}868 \\ -0{,}0146367 & 47{,}840\,596 & -2503{,}4752 & 15{,}62 \\ 0 & 0 & -1{,}221\,484 & 0 \\ 0 & -1{,}221\,484 & -10{,}3472 & 0 \end{bmatrix}, \tag{38}$$

$$P = I, \tag{39}$$

$$A = \bar{A} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 45\,186{,}467\,35 & -241{,}756\,1095 \\ 1 & 0 & -704{,}860\,4278 & -0{,}167\,346\,343\,7 \\ 0 & 1 & 8{,}470\,989\,045 & 0 \\ 0 & 0 & 11\,498{,}862\,49 & -61{,}520\,992\,04 \end{bmatrix}, \tag{40}$$

$$B = \bar{B} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} (41); \quad C = \bar{C} = [0 \quad 0 \quad -1{,}221\,484 \quad 0] \tag{42}$$

Auf die Angabe von $B_s = \bar{B}_s$ wird verzichtet, da sie der Gl. (37) entspricht, wenn man die 1. und die 4. Zeile untereinander austauscht.

Vergleicht man die Ergebnisse miteinander, so liegen letztlich die Unterschiede in der Größe der Koeffizienten der Systemmatrizen A.

Die beiden maximalen Koeffizienten der Gl. (34) sind um vier Zehnerpotenzen größer als die entsprechenden der Gl. (40). Die sich aus derartig großen Koeffizienten, wie sie in Gl. (34) vorliegen, ergebenden Schwierigkeiten bei der numerischen Berechnung, dem Entwurf und der Realisierung der Steuergesetze sind enorm groß und somit nicht vertretbar. Es ist deshalb unbedingt notwendig, die sich aus den verschiedenen Möglichkeiten der Wahl der Transformationsmatrix Q ergebenden Varianten gewissenhaft dahingehend zu überprüfen, welche der Steuergrößen die günstigste Konfiguration der Systemmatrix A liefert.

2.3. *Weg b)*

Wird an das eingangsdezentralisierte Modell der Strecke das der Meßeinrichtung geschaltet, so ergibt sich

$$\begin{bmatrix} \dot{\bar{x}}_1 \\ \dot{\bar{x}}_2 \\ \dot{\bar{x}}_3 \\ \dot{\bar{x}}_4 \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{ccc:c} \multicolumn{3}{c:}{\multirow{2}{*}{$\bar{A}_1$}} & \multirow{2}{*}{0} \\ & & & \\ \hdashline 0 & 0 & 0 & 1 \\ \bar{a}_{41} & \bar{a}_{42} & \bar{a}_{43} & \bar{a}_{44} \end{array}\right] \begin{bmatrix} \bar{x}_1 \\ \bar{x}_2 \\ \bar{x}_3 \\ \bar{x}_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} I \\ \\ 0 \end{bmatrix} [u] + \begin{bmatrix} \bar{B}_{s1} \\ \\ 0 \end{bmatrix} [s]. \tag{43}$$

Mit $\overline{A}_1$ nach Gl. (15b); $\bar{a}_{41} = 0{,}20441$; $\bar{a}_{42} = -1{,}2215$; $\bar{a}_{43} = \hat{a}_{43}$; $\bar{a}_{44} = \hat{a}_{44}$ und $\overline{B}_{s_1}$ nach Gl. (18b)

$$[y] = [0 \quad 0 \;\vdots\; 1 \quad 0]\,[\overline{x}]\,. \tag{44}$$

Aus den nach Weg a) zur Bildung der Transformationsmatrix Q angestellten Betrachtungen ist zu ersehen, daß eine der beiden Steuergrößen drei Zustände übernehmen muß. Da das Modell der Strecke bereits in zwei eingangsdezentralisierte Teilsysteme aufgespalten wurde und man hierfür entsprechend Gl. (11) als Kronecker-Indizes $n_{11} = 1$ und $n_{12} = 1$ erhält, ist also eine Aufteilung der beiden Zustände der Meßeinrichtung nicht mehr möglich. Da die Meßeinrichtung als zweites unabhängiges System anzusehen ist, erhält man hierfür gesonderte Kronecker-Indizes $n_{21} = 2$, $n_{22} = 0$ oder umgekehrt, je nachdem, ob es dem Einfluß der ersten oder der zweiten Steuergröße ausgesetzt wird. Die beiden Zustände der Meßeinrichtung werden willkürlich der ersten Steuergröße zugeordnet. Somit ergibt sich die Ordnung der endgültigen Zustandsvektoren zu:

$$\left.\begin{aligned} n_1 &= n_{11} + n_{21} = 1 + 2 = 3\,, \\ n_2 &= n_{12} + n_{22} = 1 + 0 = 1\,. \end{aligned}\right\} \tag{45}$$

Die Bildung einer Transformationsmatrix Q für das Modell der Meßeinrichtung ist nicht notwendig, da ja die Zuordnung zu einer Steuergröße bereits geschehen ist, was ja sonst durch Q erfolgt. Es ist nur noch die Permutationsmatrix zu ermitteln.
Mit $t = 2$ Teilsystemen und $m = 2$ Steuergrößen besteht die P-Matrix aus zwei Blöcken.
Nach Gl. (24) folgt für

$$\begin{aligned} &i = 1\text{:}\quad i - 1 = Q;\quad (t-1)\,m + 1 = 3;\quad m - i = 1\,, \\ &i = 2\text{:}\qquad\quad = 1;\qquad\qquad\quad = 3;\qquad\quad = 0 \end{aligned}$$

$$P_1 = \begin{bmatrix} I_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_{21} & 0 \end{bmatrix}; \qquad P_2 = \begin{bmatrix} 0 & I_{12} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{22} \end{bmatrix},$$

$$P = \begin{bmatrix} I_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_{21} & 0 \\ 0 & I_{12} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{22} \end{bmatrix}. \tag{46}$$

I_{11} und I_{12} sind Einheitsmatrizen vom Format 1×1, I_{21} ist vom Format 2×2 und I_{22} existiert nicht, da $n_{22} = 0$, somit sind in Gl. (46) die letzte Zeile und Spalte zu streichen und die Einheitsmatrizen vom entsprechenden Format einzusetzen. Somit erhält man

$$P = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \tag{47}$$

Mit Gl. (47) ergeben sich die Gleichungen des Systems zu:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_{11} \\ \dot{x}_{12} \\ \dot{x}_{13} \\ \vdots \\ \dot{x}_{21} \end{bmatrix} = \left[\begin{array}{ccc:c} \bar{a}_{11} & 0 & 0 & \bar{a}_{12} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ \bar{a}_{41} & \bar{a}_{43} & \bar{a}_{44} & \bar{a}_{42} \\ \hdashline \bar{a}_{21} & 0 & 0 & \bar{a}_{22} \end{array}\right] \begin{bmatrix} x_{11} \\ x_{12} \\ x_{13} \\ \vdots \\ x_{21} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \leftarrow \overrightarrow{b_{s1}} \\ \rightarrow 0 \rightarrow \\ \leftarrow 0 \rightarrow \\ \vdots \\ \leftarrow \overrightarrow{b_{s2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \\ s_4 \end{bmatrix}, \tag{48}$$

$$[y] = [0 \quad 1 \quad 0 \;\vdots\; 0] \begin{bmatrix} x_{11} \\ x_{12} \\ x_{13} \\ \vdots \\ x_{21} \end{bmatrix}. \tag{49}$$

Das vorliegende System (48) besteht ebenfalls wie die Systeme (34) und (40) aus zwei steuerbaren Teilsystemen. Die Systemmatrix A des Systems (48) ist noch wesentlich günstiger konditioniert als die des Systems (40). Auf die Angabe des Steuerbarkeitstestes wird hier verzichtet.

Zusammenfassung

Anhand des Modells eines konkreten technologischen Prozesses wurden die einzelnen Schritte der Eingangsdezentralisation nach [1] aufgezeigt, wobei besonders auf die Bildung der notwendigen Transformationsmatrix Q eingegangen und in die Modellgleichungen eine Störgrößenmatrix aufgenommen wurde.
Entsprechend der Notwendigkeit, Prozeßgrößen meßtechnisch zu erfassen, wurde dem Streckenmodell das der Meßeinrichtung angegliedert. Anhand des so entstandenen Gesamtmodells erfolgte die Eingangsdezentralisation auf zwei verschiedene Arten. Zum einen wurde das Gesamtmodell der Prozedur der Dezentralisation unterzogen und zum anderen ist an das eingangsdezentralisierte Streckenmodell als zweites unabhängiges Modell das der Meßeinrichtung hinzugefügt worden.
In beiden Fällen ergaben sich jeweils zwei steuerbare Teilmodelle, obwohl im letzteren Fall das Modell der Meßeinrichtung nicht direkt durch die Steuergrößen beeinflußt werden kann und somit die Bedingung (5) nicht erfüllt wird. Dies ist aber auch nicht notwendig, da die Zuordnung der zwei Meßzustände zu der Steuergröße nicht durch eine Transformationsmatrix Q vorgenommen werden mußte, sondern willkürlich erfolgen konnte, da eine Reihenschaltung vorliegt. Auf den teilweise gravierenden Unterschied der Größe der Koeffizienten der Systemmatrizen durch die verschiedene Wahl der Transformationsmatrix Q wurde besonders hingewiesen, d. h., für die Ermittlung der günstigsten Konfiguration der Systemmatrix A ist es notwendig, den Einfluß jeder einzelnen Steuergröße hierauf zu untersuchen. Auf die Gewinnung der nicht meßbaren Zustände durch Beobachter wurde nicht eingegangen.

Literatur

[1] *Šiljak, D. D.:* Large-scale dynamic systems — stability and structure. New York: North-Holland, Inc. 1978.

[2] *Bode, H.:* Voraussetzungen zur automatischen Steuerung technologischer Prozesse, dargestellt an einem konkreten Objekt aus der Zellstoffindustrie. Zeitschrift Zellstoff und Papier **30** (1981) H. 3, S. 109–113.

[3] *Luenberger, D. G.:* Canonical forms for multivariable systems. IEEE Trans. Aut. Control (1967) No. 3, pp. 290–293.

[4] *Ackermann, J.:* Entwurf durch Polvorgabe. rt **25** (1977) H. 6, S. 173–179; H. 7, S. 209–215.

msr 7509

Dr.-Ing. *K. Grubba* und Dr.-Ing. *W. Quednow*, Berlin[1])

Testsystem für Mikrorechner-Programme

IA 4.0.5.

0. Einleitung

Zum Standard der Programmerarbeitung gehören heute Mikrorechner-Entwicklungssysteme, wie sie durch das MRES 20 des VEB Kombinat Robotron repräsentiert werden [1].
Kleinere Geräte, die arbeitsplatzbezogen (wenn auch ohne den Komfort des MRES 20) einsetzbar sind, gibt es gegenwärtig in der DDR aus der industriellen Fertigung nicht. Obwohl die Bedieneinheit BDE des Mikrorechnersystems K 1520 Manipulationen am Programm gestattet, ist sie für die Änderung und Testung längerer Programme überfordert.
Aus dieser Situation heraus entstanden bei einigen Anwendern Zusätze zu Mikrorechnersystemen, mit denen umfangreichere programmtechnische Aufgaben gelöst werden können. So wurde aus dem Bereich des Hochschulwesens das Minientwicklungssystem „Microcombi" bekannt [2].
Nachfolgend soll das Mikrorechner-Testsystem „MPT 179" des Zentrums für wissenschaftlichen Gerätebau (ZWG) der AdW der DDR vorgestellt werden, dessen gerätetechnische Basis das Mikrorechner-System MPS 4944 des ZfK Rossendorf ist [3]. Durch den Einsatz einer Prozessorkarte mit dem U 880 ist volle Programmkompatibilität zum K 1520 vorhanden.

1. Beschreibung

Das Testsystem ist für die Erprobung und Änderung von Mikrorechnerprogrammen vorgesehen, die über einen Wirtsrechner (z. B. KRS 4201) oder von Hand erarbeitet wurden.
Das Steuerprogramm (Monitor) gestattet im Dialog-Verkehr die Durchführung folgender Leistungen:

- Eingabe von Mikrorechnerprogrammen im hexadezimalen Objektkode
- Eingabe von Daten auf den im Programm vorgesehenen Plätzen
- Start von Programmen von beliebig aufrufbaren Plätzen
- Anzeige und Änderung von Speicher- und Mikroprozessor-Register-Inhalten
- Setzen von Unterbrechungspunkten
- Ausgabe einer Meßkurve
- Füllen des Speichers mit einem frei wählbaren Zeichen des zugelassenen Alphabets
- Transfer von Speicherinhalten auf andere Plätze
- Berechnung von Summe und Differenz zweier Adressen.

Auf dem Schirm des Sichtgerätes werden 5 Zeilen mit je 20 Zeichen für maximal 40 Speicherplatzbelegungen dargestellt. Ein blinkender Kursor zeigt die Stelle des nächsten Zeichens an.

2. Wirkungsweise

Die zu erprobenden Anwenderprogramme werden in den RAM des Mikrorechners des Testsystems eingegeben (Schritt 1 im

Tafel 1. Verzeichnis der eingesetzten Module und E/A-Geräte

Bezeichnung	Technische Kurzcharakteristik
SV, SVE, VTE	Stromversorgungs- und -verteileinheiten
PK 88	ZVE mit U 880
BUSA	Busanzeige
R 4	Speicher 4 K byte RAM statisch
P 4	Speicher 4 K byte PROM
AS – Sif 1000	Anschlußsteuerung für Geräte mit Sif 1000
ATD	Anschlußsteuerung für Tastatur und Drucker
ZGR	Zeichengenerator für alphanumerische Zeichen und zur Erzeugung von Steuersignalen für das Sichtgerät
DAU 3	Digital-Analog-Umsetzer mit 2 Kanälen zur Ansteuerung der x- und y-Achse des Sichtgerätes
ZG	Zeichengeber 3 aus dem Serialisierungssystem ESDM 31 (als Tastatur)
SG	Sichtgerät (Oszillograf oder ähnliches Bildschirmgerät, bei dem die Leuchtspur durch Analogsignale koordinatengesteuert werden kann)
LBL	Lochbandleser daro 1210
LBS	Lochbandstanzer daro 1215
SD	Seriendrucker daro 1154

[1]) Mitteilung aus der AdW der DDR, Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau.

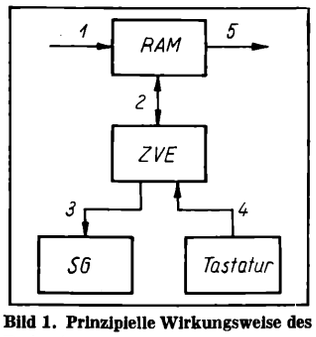


Bild 1. Prinzipielle Wirkungsweise des Testsystems

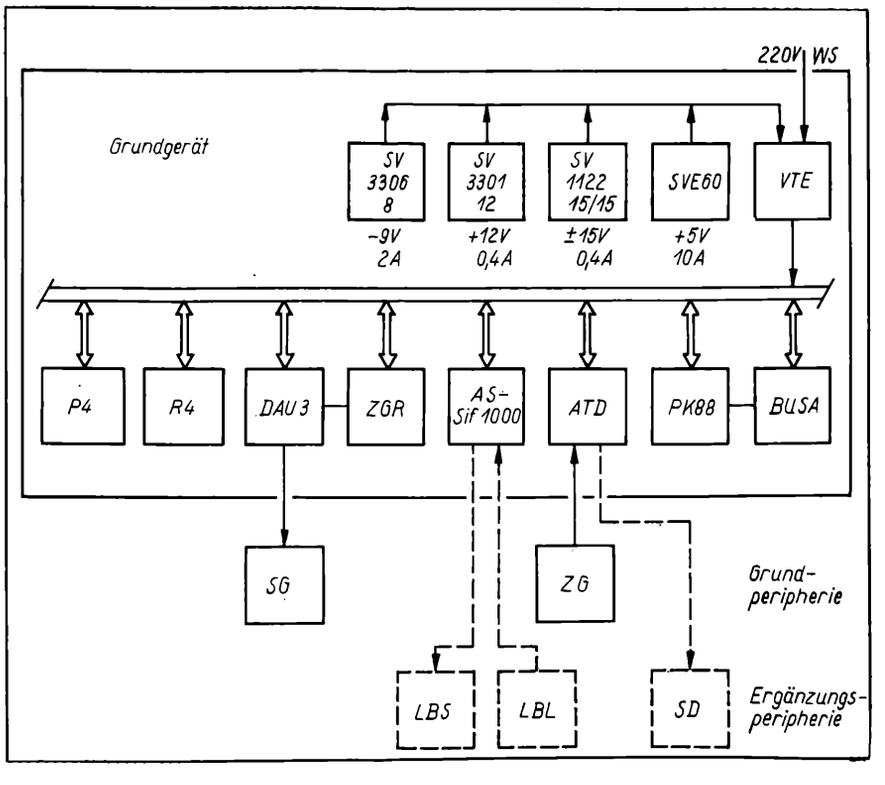


Bild 2. Konfiguration des MPT 179

Tafel 2. Kommando-Funktionen des Testmonitors

× hexadezimales Zeichen, ×× Inhalt eines Speicherplatzes, ×××× Adresse eines Speicherplatzes, ×××× ×××× Anfangsadresse Endadresse, (××××) Kommando wird auch ohne Adressen-Angabe ausgeführt

Kommando-Aufruf	Kommando-Name	Funktion
A ×××× ××××	Arithmetic	Anzeige der Summe und Differenz
B ××××	Breakpoint	Unterbrechungspunkt setzen/löschen und Anzeige des Registerstandes
D ×××× ××××	Display	Anzeige eines Speicherbereiches
E (××××)	End — File	Ausgabe Endeblock auf LBS
F ×××× ×××× ××	Fill	Füllen eines Speicherbereiches mit hexadezimalen Zeichen
G ××××	Go	Start eines Programms
I ×××× ×× ..	Insert	Byte-weises Füllen eines Speicherbereiches
K ×××× (××××)	Kurve	Anzeige des Speicherinhaltes als Kurve (max. 256 Werte)
M ×××× ×××× ××××	Move	Transfer des Inhalts eines Speicherbereiches
W ×××× ××××	Write	Ausgabe Speicherinhalt auf LBS
R (××××)	Read	Eingabe Programm von LBL
S ×××× ××–(××)	Substitute	Byte-weise Änderung im Speicher
X	Examine 1	Anzeige des Registersatzes 1 und dessen Änderung
Y	Examine 2	Wie bei Kommando „X" für Registersatz 2

Bild 1). Der RAM stellt dann den Programmspeicher für die zentrale Verarbeitungseinheit (ZVE) des Mikrorechners (MR) dar. Nach dem Start wird das Programm durch die ZVE abgearbeitet (Schritt 2). Dadurch ist gewährleistet, daß die zu schaffende Software unmittelbar durch den Original-Mikroprozessortyp unter Echtzeitbedingungen mit dem Original-Bitmuster getestet wird. Im Dialog über die Tastatur können auf dem Sichtgerät SG sowohl Speicherplatzbelegungen als auch Belegungen der Mikroprozessor-Register angezeigt werden (Schritt 3). Dabei kann eine Änderung der Eingabedaten und des Programms entsprechend den Erfordernissen und den Leistungen des Monitors erfolgen (Schritt 4).
Nach der Testung wird das Programm ausgegeben (Schritt 5) und kann über ein Programmiergerät einem PROM als Software für den betreffenden Anwendungsfall eingeprägt werden.

3. Systemaufbau

Das Grundgerät beinhaltet als Kern einen modular aufgebauten Mikrorechner, der durch drei zusätzliche Moduln des ZWG Berlin (ATD, ZGR und DAU 3) für den Dialogbetrieb ausgerüstet ist, Bild 2 und Tafel 1.
Die peripheren Geräte sind über steckbare Verbindungen an das Grundgerät anschließbar.
Für die aufgeführten Schritte 1 ... 5 werden die peripheren Geräte wie folgt eingesetzt:

Schritt 1: **Eingabe** der Programme mit den Eingabedaten über:

— die alphanumerische Tastatur (Zeichengeber ZG) oder
— den Lochbandleser (LBL)

Schritte 2, 3 und 4: **Aufruf, Start, Erprobung** und **Korrektur** des Programms oder von beliebigen Programmteilen über

— die Tastatur (ZG) und
— ein Sichtgerät (SG), auf dem alphanumerische Zeichen dargestellt werden können.

Schritt 5: **Ausgabe** der erprobten bzw. geänderten Programme

— visuell über das Sichtgerät (SG) oder
— über den Lochbandstanzer (LBS) oder
— über den Seriendrucker (SD).

Der Seriendrucker ist insbesondere zum Schreiben von Listings und zur Protokollierung, z. B. der Registerbelegungen, vorgesehen.

4. Steuerprogramm

Für das MPT 179 wurde ein Steuerprogramm (Testmonitor TEMO) mit 14 Kommandos zur dialogorientierten Programmtestung entwickelt (Tafel 2).
Das Steuerprogramm ist resident im PROM der Prozessor-Karte enthalten und belegt die Speicherplätze 0000 H bis 06FF H. Für den Arbeitsspeicher sind die Plätze 0C00 H bis 0EFF H zu reservieren.
Als Quellkode dient die Assemblersprache des K 1520, der Maschinenkode hat das Format entsprechend den Festlegungen zum Prozessor U 880.
Das Testsystem ist bereits mit der Grundperipherie (Zeichengeber und Sichtgerät) arbeitsfähig.
Das Programm TEMO ist selbständig und benötigt keine weiteren Programme.
Zwei zusätzliche Kommandos (N: „Einzelschrittprotokoll" und T: „Bereichsprotokoll") sind hinzufügbar.

Schlußbetrachtungen

Das Mikrorechner-Testsystem wurde im ZWG in einer Kleinserie von 12 Stück hergestellt, die in der Lehre, Forschung und Entwicklung und im Prüffeld eingesetzt werden.
Obwohl im ZWG ein Wirtsrechner und später ein MRES 20 verfügbar waren, erwiesen sich die Testsysteme weiterhin als äußerst zweckmäßig, denn sie gestatten am häufig dezentral gelegenen Arbeitsplatz ergänzende und präzisierende Software-Arbeiten, ohne daß Rechenzeiten bei den zentralisierten größeren Einheiten beansprucht werden.
Damit konnte eine weitere Rationalisierung des Prozesses der Programm-Erarbeitung erreicht werden, der als ausgesprochener Engpaß besonders förderungswürdig ist.
Aufgrund der gesammelten Erfahrungen ist teilweise eine Erweiterung der Testsysteme zu einfachen Entwicklungssystemen vorgesehen. Dabei soll die dialogorientierte Programmentwicklung auf Assembler-Niveau angehoben sowie durch einen Editor und eine Programmiereinrichtung ergänzt werden, wobei der sonst nicht benötigte P 4-Modul miteinbezogen wird. Diese Erweiterung erfolgt nach Systemunterlagen des „Microcombi". Die neun freien Steckplätze auf dem Mikrorechner-Bus des Testsystems gestatten die Hinzunahme weiterer R 4-Moduln zur Vergrößerung des RAM-Bereiches oder beliebiger anderer Systemmoduln zur Simulation kompletter Mikrorechner-Anordnungen.

Literatur

[1] Mikrorechner-Entwicklungssystem MRES 20. Prospekte des VEB Robotron-Vertrieb Berlin.
[2] *Roth, M.:* Mikroprozessoren. Ilmenau: Technische Hochschule 1979.
[3] *Kahlenbach, M.; König, K.-H.; Leege, K.-W.; Pröhl, D.; Schere, R.;* Modulares Mikrorechnersystem. msr 21 (1978) H. 9, S. 488 und 489.

msr 7474

Doz. Dr. sc. nat. *W. Preuß* und Dipl.-Ing. *H. Schubert*, Wismar[1])

Praktische Berechnung der augenblicklichen Intervallverfügbarkeit bei nicht exponentiell verteilten Funktions- und Erneuerungszeiten

IA 4.1.4.

0. Einleitung

Die Betriebszuverlässigkeit der Elemente eines technischen Systems möge sich durch alternierende Erneuerungsprozesse beschreiben lassen. Darunter versteht man, daß ein derartiges Element nur die beiden Zustände „funktionsfähig" oder „ausgefallen" annehmen kann und daß nach jedem Ausfall sofort mit der Erneuerung begonnen wird. Nach jeder Erneuerung soll die Verteilungsfunktion der Funktionsdauer wieder die gleiche sein wie vor der Erneuerung, nämlich $F(x)$, $F(x) = 0$ für $x \leqq 0$. Die Erneuerungszeiten sollen ebenfalls ein und derselben Verteilungsfunktion $F_{\mathrm{E}}(x) = 0$ für $x \leqq 0$, genügen. Funktions- und Erneuerungszeiten werden als unabhängige zufällige Größen vorausgesetzt [3] und [9].

Von praktischem Interesse ist die Verfügbarkeit des Elementes. Man unterscheidet zwischen der „Dauerverfügbarkeit" V_{D} (das ist die Wahrscheinlichkeit dafür, daß das Element zu einem beliebigen Zeitpunkt t des stationären Betriebsablaufes funktionsfähig ist), der „Momentanverfügbarkeit" $V(t)$ (die Wahrscheinlichkeit dafür, daß zu einem beliebigen Zeitpunkt $t > 0$ im nichtstationären Fall Funktionsfähigkeit vorliegt), der „Intervallverfügbarkeit" V_{X} (das ist die Wahrscheinlichkeit dafür, daß das Element zum Zeitpunkt t bei Vorliegen des stationären Falles funktioniert und wenigstens noch bis zum Zeitpunkt $t + x$ ($x > 0$) funktionsfähig bleibt) und der „augenblicklichen Intervallverfügbarkeit" $V_{\mathrm{X}}(t)$ (die Intervallverfügbarkeit im nichtstationären Fall). Durch einfache Formeln lassen sich V_{D} und V_{x} berechnen. Es gilt [3] und [7]

$$V_{\mathrm{D}} = \frac{L}{L+R}, \tag{1}$$

$$\left(L = \int_0^\infty \bar{F}(u)\,\mathrm{d}u \quad \text{und} \quad R = \int_0^\infty \bar{F}_{\mathrm{E}}(u)\,\mathrm{d}u \quad \text{mit} \quad \bar{F} = 1 - F \quad \text{und} \quad \bar{F}_{\mathrm{E}} = 1 - F_{\mathrm{E}}\right)$$

und

$$V_{\mathrm{x}} = \frac{1}{L+R}\int_x^\infty \bar{F}(u)\,\mathrm{d}u\,. \tag{2}$$

Für $x \to 0$ folgt $V_{\mathrm{x}} \to V_{\mathrm{D}}$. Für den nichtstationären Fall existieren Lösungsformeln zur Berechnung von $V(t)$ [9], die allerdings für praktische Zwecke i. allg. schwer zu handhaben sind. In [4] bis [6] wurde deshalb der Zugang über geeignete Integralgleichungen gewählt, die sich mit einem speziellen Rechnerprogramm [10] gut lösen lassen. Für $V_{\mathrm{x}}(t)$ findet man in der Literatur nur für Spezialfälle geschlossene Lösungsformeln. Eine numerische Methode wurde in [7] für exponentiell verteilte Erneuerungszeiten angegeben.

Im Beitrag wird eine Möglichkeit zur Berechnung von $V_{\mathrm{x}}(t)$ für allgemeinere Fälle behandelt.

1. Methode der Zusatzvariablen

Sind nicht alle vorkommenden Verteilungsfunktionen exponentiell, so wird in der Zuverlässigkeits- und Bedienungstheorie sehr oft die Methode der Zusatzvariablen benutzt, mit deren Hilfe die Zustandswahrscheinlichkeiten des zu untersuchenden Systems analytisch beschrieben werden können, etwa durch Differential- oder Integrodifferentialgleichungen [1]. Diese Methode bietet sich auch für den Fall des in der Einleitung beschriebenen alternierenden Erneuerungsprozesses an.

Mit

$$g_t := \begin{cases} 1 & \text{Element funktioniert zur Zeit } t \\ 0 & \text{Element ist zur Zeit } t \text{ ausgefallen} \end{cases}$$

beschreibt man den Grobzustand des Elementes zur Zeit t ($t \geqq 0$). ξ_t sei die „Restfunktionsdauer" des zur Zeit t funktionierenden und ζ_t die „Restausfalldauer" des zur Zeit t ausgefallenen Elementes. Die Größen ξ_t und ζ_t heißen „Zusatzvariable". Folgende Funktionen können definiert werden:

$$F_0(t, x) := P(g_t = 0; \zeta_t < x) \tag{3}$$

(das ist die Wahrscheinlichkeit dafür, daß das Element zum Zeitpunkt $t \geqq 0$ ausgefallen und die restliche Ausfalldauer kleiner als x ($x \geqq 0$) ist) und

$$F_1(t, x) := P(g_t = 1; \xi_t < x) \tag{4}$$

(das ist die Wahrscheinlichkeit dafür, daß das Element zur Zeit $t \geqq 0$ funktioniert und die Restfunktionsdauer kleiner als x ($x \geqq 0$) ist).

Die Momentanverfügbarkeit $V(t)$ ergibt sich dann als Randverteilung gemäß

$$V(t) = F_1(t, \infty) = 1 - F_0(t, \infty)\,. \tag{5}$$

Kennt man die Funktionen $F_0(t, x)$ und $F_1(t, x)$ für alle $t, x \geqq 0$, so kann auch die augenblickliche Intervallverfügbarkeit berechnet werden. Es gilt nämlich

$$V_{\mathrm{x}}(t) = P(g_t = 1; \xi_t \geqq x) = F_1(t, \infty) - F_1(t, x)\,. \tag{6}$$

Für die zu berechnenden Funktionen $F_0(t, x)$ und $F_1(t, x)$ gelten noch folgende Bedingungen:

$$F_0(t, 0) = F_1(t, 0) = 0; \tag{7}$$

$$F_0(0, x) = (1 - p)\,F_{\mathrm{E}}(x); \tag{8}$$

$$F_1(0, x) = pF(x)\,. \tag{9}$$

Dabei bezeichnet p ($0 \leqq p \leqq 1$) die Wahrscheinlichkeit dafür, daß das Element zur Zeit $t = 0$ funktioniert. Diese soll als gegeben vorausgesetzt werden.

Über ein System von Differenzengleichungen kann ein System von partiellen Differentialgleichungen für die Funktionen $F_i(t, x)$ ($i = 0, 1$) hergeleitet werden.

Es sei $t > 0$ ein beliebiger Zeitpunkt und Δt eine hinreichend kleine Zeitspanne. Dann gilt

$$F_0(t + \Delta t, x) = F_0(t, x + \Delta t) - F_0(t, \Delta t) + F_1(t, \Delta t)\,F_{\mathrm{E}}(x) + O(\Delta t) \tag{10}$$

und

$$F_1(t + \Delta t, x) = F_1(t, x + \Delta t) - F_1(t, \Delta t) + F_0(t, \Delta t)\,F(x) + O(\Delta t)\,. \tag{11}$$

Die Bilder 1 und 2 zeigen die am Zustandekommen der Gln. (10) und (11) beteiligten Ereignisse. Alle nicht berücksichtigten Wahrscheinlichkeiten sind von der Größenordnung $O(\Delta t)$ (das ist das Landausche Ordnungssymbol „klein O von Δt" mit der Eigenschaft $O(\Delta t)/\Delta t \to 0$ für $\Delta t \to 0$).

Durch Anwendung der Taylorschen Formel erhält man unter Beachtung der Bedingung (7) für $i = 1, 2$

$$F_i(t, x + \Delta t) = F_i(t, x) + \Delta t\,\frac{\partial F_i(t, x)}{\partial x} + O(\Delta t) \tag{12}$$

und

$$F_i(t, \Delta t) = \Delta t\,\frac{\partial F_i(t, x)}{\partial x}\bigg|_{x=0} + O(\Delta t)\,. \tag{13}$$

Werden die Ausdrücke (12) und (13) in die Gln. (10) und (11) eingesetzt und nach Division durch Δt der Grenzübergang

[1]) Mitteilung aus der IH Wismar, Abt. Mathematik/Naturwissenschaften, und der Sektion Technologie der Elektrotechnik/Elektronik.

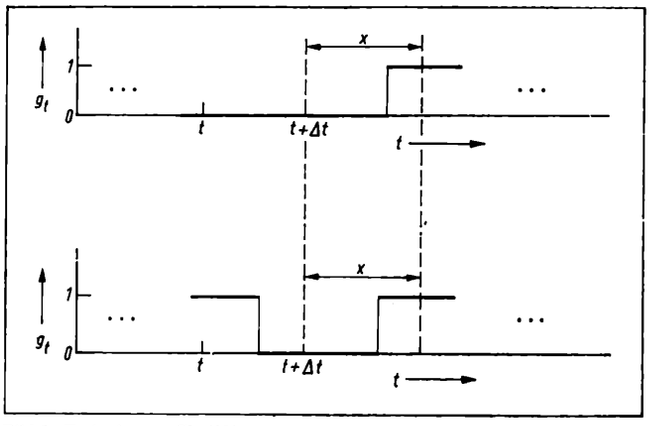


Bild 1. Ereignisse zu Gl. (10)

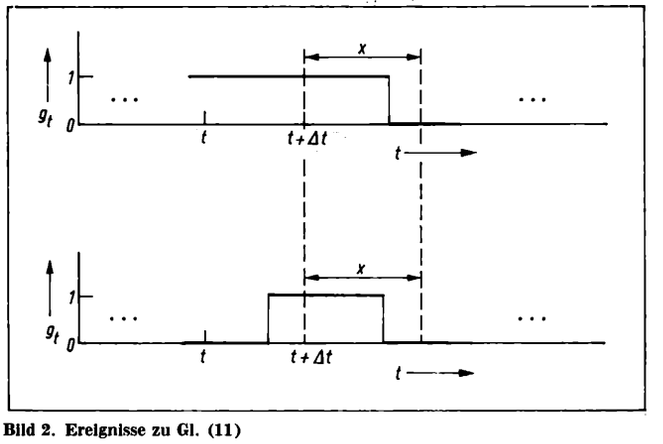


Bild 2. Ereignisse zu Gl. (11)

$\Delta t \to 0$ ausgeführt, so erhält man unter Beachtung der Definition der partiellen Ableitung nach t die partiellen Differentialgleichungen

$$\frac{\partial F_0(t,x)}{\partial t} - \frac{\partial F_0(t,x)}{\partial x} = -f_0(t) + f_1(t)\, F_E(x) \tag{14}$$

und

$$\frac{\partial F_1(t,x)}{\partial t} - \frac{\partial F_1(t,x)}{\partial x} = f_0(t)\, F(x) - f_1(t) \tag{15}$$

mit

$$f_0(t) := \left.\frac{\partial F_0(t,x)}{\partial x}\right|_{x=0} \tag{16}$$

und

$$f_1(t) := \left.\frac{\partial F_1(t,x)}{\partial x}\right|_{x=0} . \tag{17}$$

Natürlich muß vorausgesetzt werden, daß alle auftretenden Ableitungen existieren. Dies wird selbstverständlich von den Verteilungsfunktionen $F(x)$ und $F_E(x)$ abhängen.

Die Aufgabe besteht nun darin, solche Funktionen $F_0(t,x)$ und $F_1(t,x)$ zu finden, die für $t > 0$ und $x > 0$ die partiellen Differentialgleichungen (14) und (15) sowie die Bedingungen (7) bis (9) erfüllen. Stellt man sich zunächst auf den Standpunkt, die Funktionen $f_0(t)$ und $f_1(t)$ zu kennen, so lassen sich die Gln. (14) und (15) mit Hilfe der Charakteristikenmethode [2] allgemein lösen. Die speziellen Lösungen, die die Bedingungen (8) bzw. (9) erfüllen, ergeben sich aus den allgemeinen Lösungen durch Betrachtung des Cauchy-Problems zu

$$F_0(t,x) = (1-p)\, F_E(t+x) + \int_0^t [f_1(u)\, F_E(t+x-u) - f_0(u)]\, du \tag{18}$$

bzw.

$$F_1(t,x) = pF(t+x) + \int_0^t [f_0(u)\, F(t+x-u) - f_1(u)]\, du . \tag{19}$$

Bemerkung:

Um die bei der Herleitung gemachten Voraussetzungen zu erfüllen, setzt man die Verteilungsfunktionen $F(x)$ und $F_E(x)$ mit für $x \geqq 0$ stetigen Dichtefunktionen $f(x)$ und $f_E(x)$ voraus. Trotzdem lassen sich auch Fälle behandeln, bei denen unstetige Dichten vorkommen, wenn man sich einfach auf den Standpunkt stellt, daß man durch kleine Eingriffe diese Dichten stetig machen kann, da i. allg. ohnehin mit numerischen Verfahren gearbeitet werden muß. Ein solcher Fall wird im Beispiel 2 im Abschn. 4. behandelt. Dort hat $f(x)$ in $x = 0$ eine Singularität.

Nach Gl. (6) erhält man

$$V_x(t) = p\bar{F}(t+x) + \int_0^t f_0(u)\, \bar{F}(t+x-u)\, du \tag{20}$$

für $x \geqq 0$ $(V_0(t) = V(t))$. Die Funktion $f_0(t)$, die eben bereits als bekannt vorausgesetzt wurde, gewinnt man als Lösung der Volterraschen Faltungsintegralgleichung 2. Art

$$f_0(t) = \varphi_1(t) + \int_0^t k_1(t-u)\, f_0(u)\, du \tag{21}$$

mit

$$k_1(t) := \int_0^t f(t-u)\, f_E(u)\, du \tag{22}$$

und

$$\varphi_1(t) := (1-p)\, f_E(t) + pk_1(t) \tag{23}$$

(i. allg. als numerische Lösung) oder als Lösung der Volterraschen Faltungsintegralgleichung 1. Art

$$\int_0^t k_2(t-u)\, f_0(u)\, du = \varphi_2(t) \tag{24}$$

mit

$$k_2(t) := t - \int_0^t F(t-u)\, F_E(u)\, du \tag{25}$$

und

$$\varphi_2(t) := pt + (1-p) \int_0^t F_E(u)\, du - pk_2(t) . \tag{26}$$

Beide Möglichkeiten ergeben sich, wenn man die Gln. (18) und (19) unter Beachtung von Bedingung (7) laplacetransformiert, im Bildraum die Laplace-Transformierte von $f_1(t)$ eliminiert und die verbleibende Gleichung als Integralgleichung (21) oder (24) für $f_0(t)$ in den Originalraum zurücktransformiert.

Zur numerischen Lösung von Gl. (21) eignet sich das Programmiersystem LINVOLINT [10]. Die Gl. (24) hat einen nichtnegativen Kern $k_2(t-u)$, so daß ein in [8] vorgeschlagenes Näherungsverfahren zur Lösung verwendet werden kann.

2. Spezialfälle

2.1. Exponentiell verteilte Funktions- und Erneuerungszeiten

Für $F(x) = 1 - \exp(-\lambda x)$, $F(x) = 0$ für $x \leqq 0$, $\lambda > 0$, und $F_E(x) = 1 - \exp(-\mu x)$, $F_E(x) = 0$ für $x \leqq 0$, $\mu > 0$, läßt sich $V_x(t)$ in geschlossener Form angeben. Wendet man die Laplace-Transformation auf die Gln. (21) bis (23) an und ermittelt $f_0(t)$, so ergibt sich schließlich die bekannte Beziehung ([3] für den Fall $p = 1$, [7])

$$V_x(t) = \left[\frac{\mu}{\mu+\lambda} + \left(p - \frac{\mu}{\mu+\lambda}\right) e^{-(\mu+\lambda)t}\right] e^{-\lambda x} . \tag{27}$$

2.2. Nicht exponentiell verteilte Erneuerungszeiten

Sind die Funktionsdauern exponentiell nach $F(x) = 1 - \exp(-\lambda x)$ und die Erneuerungszeiten beliebig verteilt, so ergibt sich aus Gl. (20) sofort

$$V_x(t) = V(t)\, e^{-\lambda x} . \tag{28}$$

Hat man also die Momentanverfügbarkeit $V(t)$ aus der vereinfachten Volterraschen Integralgleichung 2. Art [6]

$$V(t) = 1 - (1-p)\, \bar{F}_E(t) - \lambda \int_0^t \bar{F}_E(t-u)\, V(u)\, du \tag{29}$$

numerisch (z. B. mit Hilfe von [10]) ermittelt, so kann auch die augenblickliche Intervallverfügbarkeit nach Gl. (28) berechnet werden. Die Gl. (29) ergibt sich für $x = 0$ aus den Gln. (20) bis (23) oder (24) bis (26), indem man dort laplacetransformiert, im Bildraum vereinfacht und schließlich zurücktransformiert.

2.3. Nicht exponentiell verteilte Funktionsdauern

Sind die Erneuerungszeiten exponentiell mit $F_E(x) = 1 - \exp(-\mu x)$ und die Funktionsdauern (bis auf unsere Annahmen) beliebig verteilt, so folgt [7]

$$V_x(t) = p\bar{F}(t + x) + \mu \int_0^t \bar{F}(t + x - u)\, \bar{V}(u)\, du\,, \qquad (30)$$

worin $\bar{V}(t) = 1 - V(t)$ die momentane Nichtverfügbarkeit ist, die sich numerisch aus der Volterraschen Integralgleichung 2. Art [6]

$$\bar{V}(t) = 1 - p\bar{F}(t) - \mu \int_0^t \bar{F}(t - u)\, \bar{V}(u)\, du \qquad (31)$$

ergibt. Auch die vereinfachte Gl. (31) erhält man über eine Zwischenrechnung mit Hilfe der Laplace-Transformation aus den Gln. (20) bis (23) oder (24) bis (26).

3. Bemerkungen zur praktischen Berechnung von $V_x(t)$ durch Taschenrechner

Im Spezialfall 2.1. läßt sich $V_x(t)$ nach Gl. (27) in Abhängigkeit von den Anforderungen prinzipiell mit einem Taschenrechner ermitteln.

Hat man im Spezialfall 2.2. $V(t)$ bereits numerisch aus Gl. (29) ermittelt (i. allg. genügt hier ein Taschenrechner nicht), so bereitet die Berechnung nach Gl. (28) mit Taschenrechner ebenfalls keine Schwierigkeiten.

Im Spezialfall 2.3 (Gl. (30)) bzw. im allgemeinen Fall (Gl. (20)) besteht die Möglichkeit, die numerische Integration mit Taschenrechner durchzuführen, falls die Nichtverfügbarkeit $\bar{V}(t)$ bzw. die Funktion $f_0(t)$ bereits aus den entsprechenden Integralgleichungen ermittelt wurden (analytisch oder i. allg. numerisch) und die geforderte Genauigkeit den Einsatz eines Taschenrechners ohne großen Aufwand zuläßt. In diesem Fall bietet sich zur Senkung des Rechenaufwandes noch folgende Verkürzung des Integrationsintervalls an:

Für beliebige $x, y \geqq 0$ ergibt sich aus Gl. (20)

$$\begin{aligned} V_{x+y}(t) &= p\bar{F}(t + x + y) + \\ &\quad + \int_0^t f_0(u)\, \bar{F}(t + x + y - u)\, du = \\ &= p\bar{F}([t + y] + x) + \int_0^{t+y} f_0(u)\, \bar{F}([t + y] + \\ &\quad + x - u)\, du - \int_t^{t+y} f_0(u)\, \bar{F}(t + x + y - u)\, du\,. \end{aligned}$$

Daraus folgt mit

$$\begin{aligned} V_x(t + y) &= p\bar{F}([t + y] + x) + \int_0^{t+y} f_0(u)\, \bar{F}([t + y] + \\ &\quad + x - u)\, du \end{aligned}$$

(entsprechend Gl. (20))

$$V_{x+y}(t) = V_x(t + y) - \int_t^{t+y} f_0(u)\, \bar{F}(t + x + y - u)\, du\,. \qquad (32)$$

Entsprechend folgt im Spezialfall 2.3. aus Gl. (30)

$$V_{x+y}(t) = V_x(t + y) - \mu \int_t^{t+y} \bar{F}(t + x + y - u)\, \bar{V}(u)\, du\,. \qquad (33)$$

Im stationären Fall gilt ebenfalls (vgl. [7])

$$V_{x+y} = V_x - \frac{1}{L + R} \int_x^{x+y} \bar{F}(u)\, du\,, \qquad (34)$$

was man durch Umformung von Gl. (2) erhält.

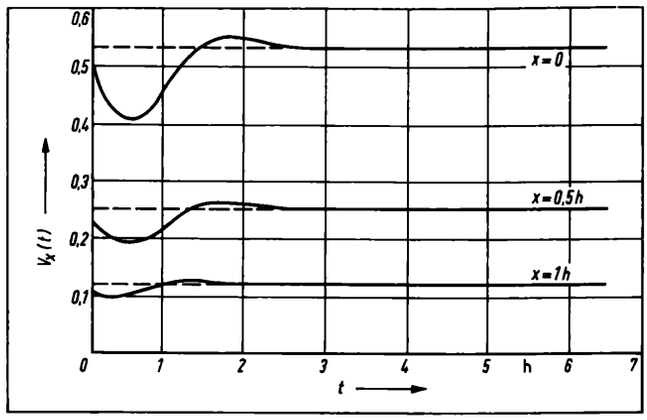


Bild 3. Verläufe von V_D, $V(t)$, V_x und $V_x(t)$ für die Parameter $\lambda = 1{,}5/\text{h}$, $T = 0{,}66$ h, $\alpha = 2$, $p = 0{,}5$
(die stationären Verläufe sind gestrichelt eingezeichnet)

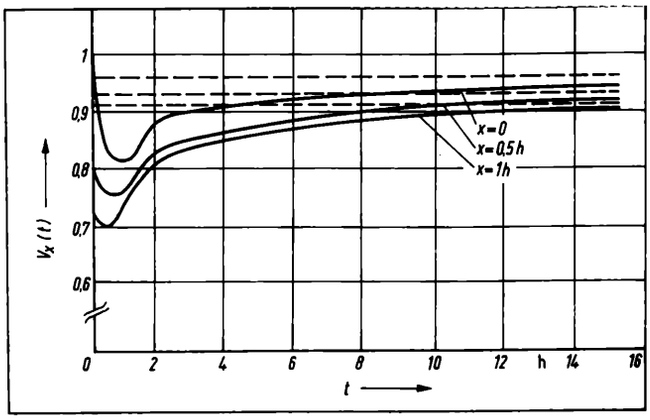


Bild 4. Verläufe von V_D, $V(t)$, V_x und $V_x(t)$ für die Parameter $\alpha_1 = 0{,}5$, $\alpha = 2$, $T_1 = 10$ h, $T = 1$ h, $p = 1$
(die stationären Verläufe sind gestrichelt eingezeichnet)

Hat man also $V_x(t)$ bereits numerisch ermittelt (für hinreichend viele t-Werte), so kann man im nächsten Schritt für einen kleinen Zuwachs y $V_{x+y}(t)$ berechnen, indem man auf die bereits vorliegenden Werte $V_x(t + y)$ zurückgreift und zusätzlich nur noch eine näherungsweise Integration über ein Intervall der Länge y durchführt.

4. Beispiele

Für die Fälle 2.1. und 2.3. (mit Weibull-verteilten Funktionsdauern) sind bereits in [7] Beispiele angegeben worden. Wir beschränken uns deshalb hier auf den Fall 2.2. (mit Weibull-verteilten Erneuerungszeiten) und den allgemeinen Fall (mit Weibull-verteilten Funktions- und Erneuerungszeiten).

Beispiel 1

$F(x) = 1 - \exp(-\lambda x) \qquad (x \geqq 0; \lambda > 0);$

$F_E(x) = 1 - \exp(-[x/T]^\alpha) \qquad (x \geqq 0; T > 0; \alpha > 0)\,.$

Hier sind $L = 1/\lambda$ und $R = T\alpha^{-1}\Gamma(\alpha^{-1})$ ($\Gamma(x)$ ist die Gamma-Funktion), und es gilt

$$V_D = \frac{\alpha}{\alpha + \lambda T \Gamma(\alpha^{-1})} \qquad \text{(nach Gl. (1))},$$

$$V_x = V_D\, e^{-\lambda x} \qquad \text{(nach Gl. (2))},$$

$$V_x(t) = V(t)\, e^{-\lambda x} \qquad \text{(nach Gl. (28))},$$

und $V(t)$ wird numerisch aus der Integralgleichung (29)

$$V(t) = 1 - (1 - p)\, e^{-(t/T)^\alpha} - \lambda \int_0^t e^{-[(t-u)/T]^\alpha}\, V(u)\, du$$

ermittelt (im Beispiel nach [10]). Bild 3 zeigt die Verläufe von V_D, $V(t)$, V_x und $V_x(t)$ für die Parameterkombination

$\lambda = 1{,}5/h; \quad T = 0{,}66$ h; $\alpha = 2$; $p = 0{,}5$.

Einige stationäre Werte sind:

$$V_D \approx 0{,}53; \qquad V_{0,5h} \approx 0{,}25; \qquad V_{1h} \approx 0{,}12 .$$

Während für kleine x-Werte noch ausgeprägte Minima und Maxima vorhanden sind, kann man für größere Werte von x praktisch von Beginn an mit dem stationären Wert V_x arbeiten.

Beispiel 2

$$F(x) = 1 - \exp(-[x/T_1]^{\alpha_1}) \qquad (x \geqq 0;\ T_1 > 0;\ \alpha_1 > 0);$$

$$F_E(x) = 1 - \exp(-[x/T]^{\alpha}) \qquad (x \geqq 0;\ T > 0;\ \alpha > 0) .$$

Hier ist R wie im Beispiel 1 und analog $L = T_1\alpha_1^{-1}\Gamma(\alpha_1^{-1})$. Für die Verfügbarkeiten gilt dann

$$V_D = \frac{T_1\alpha\Gamma(1/\alpha_1)}{T_1\alpha\Gamma(1/\alpha_1) + T\alpha_1\Gamma(1/\alpha)},$$

$$V_{x+y} = V_x - \frac{\alpha\alpha_1}{T_1\alpha\Gamma(1/\alpha_1) + T\alpha_1\Gamma(1/\alpha)} \int_x^{x+y} \exp(-[u/T_1]^{\alpha_1})\, du,$$

$$V_x(t) = p\exp(-[(t+x)/T_1]^{\alpha_1}) + \int_0^t f_0(u)\exp(-[(t+x-u)/T_1]^{\alpha_1})\, du,$$

$$V_{x+y}(t) = V_x(t+y) - \int_t^{t+y} f_0(u)\exp(-[(t+x+y-u)/T_1]^{\alpha_1})\, du .$$

$f_0(t)$ wird numerisch aus den Gln. (21) bis (23) [10] oder — wie hier im Beispiel — aus den Gln. (24) bis (26) (nach dem in [8] angegebenen Verfahren) berechnet. Bild 4 zeigt die Verfügbarkeitsverläufe für die Parameterkombination

$$\alpha_1 = 0{,}5; \quad \alpha = 2; \quad T_1 = 10\,\text{h}; \quad T = 1\,\text{h}; \quad p = 1 .$$

Einige stationäre Werte sind hier:

$$V_D \approx 0{,}958; \qquad V_{0,5h} \approx 0{,}935; \qquad V_{1h} \approx 0{,}915 .$$

(Im Beispiel wurde sogar die Funktion $f_0(t)$ aus den Gln. (24) bis (26) durch Taschenrechner ermittelt.)

Literatur

[1] *König, D.; Stoyan, D.:* Methoden der Bedienungstheorie. Wiss. Taschenbücher Mathematik/Physik. Berlin: Akademie-Verlag 1976.

[2] *Kamke, E.:* Differentialgleichungen, Lösungsmethoden und Lösungen II. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K. G. 1965.

[3] *Koslow, B. A.; Uschakow, I. A.:* Handbuch zur Berechnung der Zuverlässigkeit für Ingenieure. München/Wien: Carl Hanser Verlag 1979.

[4] *Preuß, W.; Schubert, H.:* Beitrag zur Berechnung der Verfügbarkeit technischer Systeme in der Frühausfallphase. Nachrichtentechnik-Elektronik **29** (1979) H. 7, S. 301–304.

[5] *Preuß, W.; Schubert, H.:* On the computation of the pointwise availability of system-components by use of the additional variable method. Proceedings of "System-Modelling-Control" **4** (1979) No. 2, pp. 261–265.

[6] *Preuß, W.; Schubert, H.:* Berechnung der Momentanverfügbarkeit im Falle des alternierenden Erneuerungsprozesses. msr **23** (1980) H. 6, S. 312–314.

[7] *Preuß, W.; Schubert, H.:* Zur Berechnung der augenblicklichen Intervallverfügbarkeit von Elementen mit Erneuerung. msr **23** (1980) H. 11, S. 628 bis 630.

[8] *Schmeidler, W.:* Integralgleichungen mit Anwendungen in Physik und Technik. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.G. 1955.

[9] *Störmer, H.:* Mathematische Theorie der Zuverlässigkeit. Berlin: Akademie-Verlag 1970.

[10] *Tabbert, E.:* Untersuchungen zur Struktur und Implementation eines Programmiersystems für lineare Volterrasche Integralgleichungen zweiter Art und ihre Realisierung auf ESER-Anlagen. Dissertation A, Pädagogische Hochschule Güstrow 1977.

msr 7450

Dr.-Ing. *M. Grün* und Dipl.-Math. *E. Helmrich*, Wismar[1])

Stabilitätskennfunktion — eine Möglichkeit der Bewertung der Stabilität von Systemen mit Teilefluß

IA 4.1.4.

0. Einleitung

In den letzten Jahren sind mehrere wissenschaftliche Arbeiten zur Fundierung und quantitativen Bewertung der Zuverlässigkeit von Systemen mit Teilefluß, wie es z. B. Fertigungssysteme oder Transportsysteme darstellen, erschienen. Nur wenige Untersuchungen wandten sich der theoretischen Untersetzung und der konkreten Berechnung der Stabilität solcher Prozesse zu. Gedanken und Ansätze hierfür werden z. B. in den Arbeiten [1] bis [3] gegeben. Dabei wird in all diesen Arbeiten auf einen engen Zusammenhang zwischen den Begriffen Stabilität und Zuverlässigkeit hingewiesen, und es werden hierzu erste Aussagen getroffen. Wird entsprechend der TGL 2696 unter der Zuverlässigkeit eines Systems die Eigenschaft verstanden, daß unter definierten umgebungs- und funktionsbedingten Beanspruchungen während einer vorgegebenen Zeitdauer unter Beibehaltung der Betriebselemente in vorgegebenen Grenzen bestimmten Forderungen an die Funktion des Systems entsprochen wird, so versteht man unter der Stabilität nach [4] die Eigenschaft oder einen Zustand eines Systems, demzufolge das System in der Lage ist, gegenüber Störungen bzw. einer Klasse von Störungen sein Gleichgewicht zu wahren oder die Störungen in der Weise zu bewältigen, daß es selbsttätig in den Zustand des Gleichgewichts zurückkehrt. Geht es, vereinfacht ausgedrückt, bei der Zuverlässigkeit um die Wahrscheinlichkeit, daß das System die geplanten Vorgaben erfüllt, so geht es bei der Stabilität um ein Maß, das die einem System innewohnende Fähigkeit der Selbsterhaltung ausdrückt. Somit ist die Zuverlässigkeit eine notwendige Bedingung für die Stabilität.

1. Leistungsverhalten und Zuverlässigkeitsbewertung von Systemen mit Teilefluß

Systeme mit Teilefluß werden als Prozesse betrachtet, in denen Leistungen realisiert werden. Das Leistungsverhalten dieser Prozesse kann durch verschiedene Teilleistungsverhalten charakterisiert werden. Solche Teilleistungsverhalten sind, wie in [1] ausgeführt wurde, das Mengen-, Zeit-, Qualitäts- und Aufwandsverhalten. Ausgehend von der Tatsache, daß Systeme mit Teilefluß Leistungsprozesse darstellen, die nach ihrer Leistungsrealisierung bewertet werden, wurde für das Teilleistungsverhalten Mengenverhalten eine Bewertungsfunktion für die Zuverlässigkeit in [5] und [6] vorgestellt. Diese neue Zuverlässigkeitskennfunktion $R(t, m(t))$ gibt die Wahrscheinlichkeit an, daß in einem fest vorgegebenen Zeitraum $[0; t]$ durch den Prozeß die geplante Mengenleistung $m(t)$ zumindest erfüllt wird. Die Anwendung der Zuverlässigkeitskennfunktion basiert auf der Kenntnis der Verteilung von $M(t)$ zu den entsprechenden interessierenden

[1]) Mitteilung aus der IH Wismar, Abt. Mathematik/Naturwissenschaften.

Zeitpunkten t.

$$R(t, m(t)) = P(M(t) \geqq m(t)) . \tag{1}$$

t Zeitparameter, $t \geqq 0$; $M(t)$ Anzahl der Teile, die im Zeitraum $[0; t]$ das System durchlaufen; $m(t)$ Mengenvorgabe

Die Verteilung $M(t)$ läßt sich, wie in [5] und [6] dargestellt, für eine bestimmte Klasse von Systemen durch Faltungsoperationen der Verteilung diskreter Zufallsgrößen mit endlichen Werteräumen auf EDV-Anlagen berechnen. Die Systeme bzw. Prozesse der näher untersuchten Klasse müssen folgenden Bedingungen genügen:

- Die Elemente des Systems sind in einer Reihen-Parallel-Struktur angeordnet. Gleichartige, leistungsidentische Systemelemente sind parallel angeordnet und in einer Stufe zusammengefaßt. Die verschiedenen Stufen sind in Reihe angeordnet. Die einzelnen Systemelemente üben ihre Bearbeitungsfunktion unzuverlässig aus. Sie können repariert bzw. erneuert werden.
- Die Teile einer Art durchlaufen einzeln, aber zeitlich parallel in Reihenfolge alle Systemstufen. Die Zuordnung zu den einzelnen Elementen innerhalb einer Stufe erfolgt ohne besondere Regel zu den jeweils freien Elementen. Die Verweildauer der Teile in den Systemelementen ist konstant und kann von Stufe zu Stufe variieren.
- Vor den einzelnen Stufen existieren begrenzte Warteräume für die Teile (Puffer). Ist ein Puffer überfüllt, so verbleiben alle weiteren Teile in den Elementen der vorgelagerten Stufe, bis ein Pufferplatz frei wird.
- Es werden beliebige stochastische Teileeingangsströme zugelassen, wenn sich die Verteilung des Eingangsstromes taktweise bezüglich der ersten Stufe angeben läßt.

Einen typischen Vertreter dieser Klasse von Systemen stellt die konstante Fließfertigung dar.

2. Bemerkungen zur Stabilität von Leistungsprozessen

Eine Prozeßrealisierung $y(t)$ läßt sich als eine Summe einer ungestörten Bewegung $z(t)$ und einer Störung $x(t)$ darstellen:

$$y(t) = z(t) + x(t) \quad \text{bzw.} \quad x(t) = y(t) - z(t) . \tag{2}$$

Nach *Ljapunov* heißt eine Bewegung stabil, wenn für jede positive Zahl ε eine positive Zahl δ mit $||x(t_0)|| < \delta$ gefunden wird, so daß für alle $t > t_0$ die Ungleichung $||x(t)|| < \varepsilon$ erfüllt wird [7]. $||\cdot||$ stellt dabei eine geeignete Norm dar.

Ausgehend von einem Gleichgewichtszustand des Prozesses wird ein zulässiger Toleranzbereich (ε-Bereich) angegeben und ein δ-Bereich ermittelt, so daß jede Trajektorie, die zum Zeitpunkt t_0 im δ-Bereich beginnt, im weiteren Verlauf innerhalb des ε-Bereichs verbleibt. Dieser ε-Bereich wird Stabilitätsbereich genannt und umschließt den δ-Bereich, der als Bereich der zulässigen Anfangspunkte bezeichnet wird. Somit umschließt der Stabilitätsbereich auch den Gleichgewichtszustand. Das System heißt instabil, wenn der Stabilitätsbereich nur aus dem Gleichgewichtszustand besteht [8].

Geht man von dem Grundgedanken aus, daß in den hier betrachteten Systemen Mengenleistungen realisiert werden müssen, so läßt sich für jeden Zeitpunkt t ein entsprechender Toleranzbereich angeben, in dem die Mengenleistungen des Prozesses zum Zeitpunkt t liegen müssen, ohne daß Störungen in nachfolgenden Prozessen hervorgerufen werden. Dieser Bereich wird als Stabilitätsbereich $S(t)$ (ε-Bereich) definiert. Die Aufgabe besteht in der Auffindung des δ-Bereichs der zulässigen Anfangspunkte, so daß der Stabilitätsbereich von entsprechenden Prozeßrealisierungen, die im δ-Bereich begannen, nicht verlassen wird. Geht man von der Tatsache aus, daß die betrachteten Leistungsprozesse stochastischen Charakter tragen und in großen Systemen realisiert werden, so wird ein δ-Bereich im oben genannten Sinne kaum auffindbar sein. Vielmehr treten bei den hier betrachteten Prozessen ständig Störungen mit unterschiedlichem Wirkungsgrad und unterschiedlicher Dauer auf, so daß angenommen werden kann, daß sich der Prozeß ständig in Erregung befindet. Somit wird eine Trajektorie, die zum Zeitpunkt t_0 im δ-Bereich beginnt, nur in Wahrscheinlichkeit im weiteren Verlauf im Stabilitätsbereich $S(t)$ bleiben. Das Auffinden des Bereichs der zulässigen Anfangspunkte stellt sich dann wie folgt dar:

$$B_{1-\alpha}(t_0, t) = \{m(t_0): P(M(t) \in S(t)/M(t_0) = m(t_0)) \geqq 1 - \alpha\} . \tag{3}$$

für jeden Zeitpunkt t mit $t > t_0$.

Der Bereich der zulässigen Anfangspunkte $B_{1-\alpha}(t_0, t)$ umfaßt alle Mengenparameter $m(t_0)$ zum Zeitpunkt t_0, die garantieren, daß zu einem weiteren Zeitpunkt t mit $t > t_0$ durch den Prozeß eine Mengenleistung erbracht wird, die mit einer Wahrscheinlichkeit größer als $1 - \alpha$ im geforderten Stabilitätsbereich $S(t)$ liegt. Gelingt es, den δ-Bereich der zulässigen Anfangspunkte erst für ein t_0 und dann für alle weiteren t_0 bis zu einem fest vorgegebenen Zeitpunkt t mit $t > t_0$ zu ermitteln, so wird für die Prozeßsteuerung ein Bereich angegeben, der nicht verlassen werden darf, wenn die Zielvorgabe $S(t)$ zum Zeitpunkt t mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens $1 - \alpha$ erreicht werden soll (Bild 1). Tritt zum Zeitpunkt t_1, $t_0 < t_1 < t$, eine Prozeßrealisierung ein, die außerhalb des δ-Bereichs liegt, so müssen sofort zusätzliche Steuerungsmaßnahmen eingeleitet werden, damit der Prozeß zu einem weiteren Zeitpunkt t_2 mit $t_0 < t_1 < t_2 < t$ wieder in den δ-Bereich eintritt. Erst dann können die zusätzlichen Steuerungsmaßnahmen eingestellt werden. Durch die variable Vorgabe der Irrtumswahrscheinlichkeit α können mehrere δ-Bereiche erzeugt werden. Damit wird wiederum die Ausarbeitung eines Zusammenhangs zwischen Irrtumswahrscheinlichkeit α, zusätzlichen Steuerungsmaßnahmen und notwendigen Aufwendungen hierfür bzw. den Folgekosten aus der mit Wahrscheinlichkeit α eintretenden Instabilität zum Zeitpunkt t möglich.

3. Berechnung des Bereichs der zulässigen Anfangspunkte

Das in [5] bzw. [6] vorgestellte Modell zur Bestimmung der Verteilung von $M(t)$ beruht auf einer diskreten Zeitbetrachtung, die durch die konstanten Verweildauern der Teile in den Systemelementen ermöglicht wird. Da weiterhin Teileströme einer Teileart betrachtet werden, gelingt es, innerhalb des Zeitraums $[0; D]$ zu allen Zeitpunkten lt_n mit $l = 1(1)\left[\frac{D}{t_n}\right]$ die Einzelwahrscheinlichkeiten des Teileausstoßes $M(lt_n)$ des Systems zu bestimmen. l gibt hierbei die Ordnungszahl des durchgeführten Taktes der letzten Systemstufe an. Der Takt beginnt zum Zeitpunkt $t_{l,n} = (l - 1)\, t_n$ und endet bei $t_{l+1,n} = lt_n$. Betrachtet man einen beliebigen Takt l_0, der zum Zeitpunkt $l_0 t_n$ endet, so werden die Einzelwahrscheinlichkeiten von $M(l_0 t_n)$ durch den Vektor $\boldsymbol{p}_{l_0}$ angegeben (Bild 2). Wenn mit l_D der letzte Takt im Zeitraum $[0; D]$ bezeichnet wird, dann gibt $\boldsymbol{p}_{l_D}$ die Einzelwahrscheinlichkeiten des Mengenausstoßes bis zum Zeitpunkt $\left[\frac{D}{t_n}\right] t_n$ an. Bei Kenntnis von $\boldsymbol{p}_{l_0}$ und $\boldsymbol{p}_{l_D}$ kann der δ-Bereich nach Gl. (3) bestimmt werden, indem die stochastische Matrix der Übergangswahrscheinlichkeiten Q aus der folgenden Gl. (4) ermittelt wird:

$$\boldsymbol{p}_{l_0} \boldsymbol{Q}_{l_0, l_D} = \boldsymbol{p}_{l_D} . \tag{4}$$

Unter der Annahme, daß zwischen l_0 und l_D j Takte mit $j \geqq 1$ ablaufen, kann die Matrix $\boldsymbol{Q}_{l_0, l_D}$ nicht als Potenzmatrix einer Markoffschen Übergangsmatrix dargestellt werden, da sich, wie später aus einem Beispiel ersichtlich, die Übergangsmatrizen $\boldsymbol{Q}_{l_l, l_{l+1}}$ von Takt zu Takt verändern können. Somit ist die Gl. (4) trotz Ausnutzung der Eigenschaften einer stochastischen

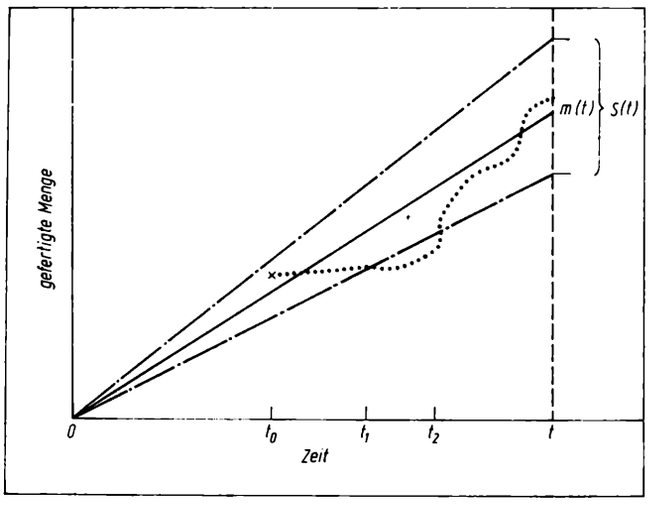


Bild 1. Prinzipdarstellung zur Stabilität von Systemen mit Teiledurchfluß
—.—.— Grenzen des δ-Bereichs; ..... eine Prozeßrealisierung

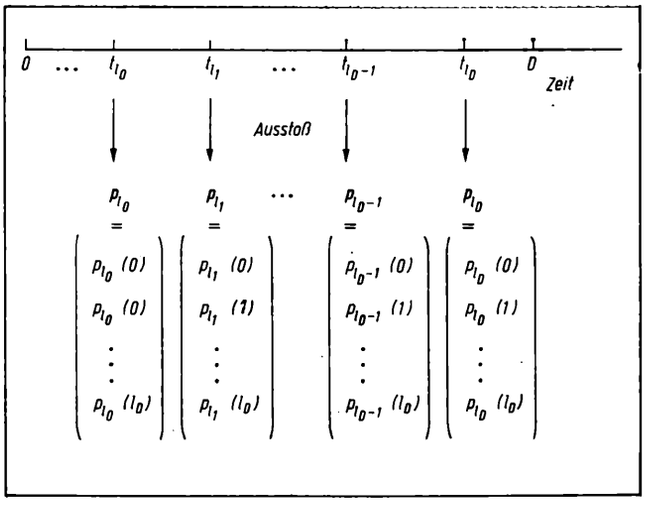


Bild 2. Prinzipdarstellung zum diskreten Zeitablauf des Prozesses
$p_{l_i}(j) = P(M(t_{l_i}) = j)$ für $i = 0(1)\,D$ und $j = 0(1)\,l_D$

Matrix nicht eindeutig lösbar. Berücksichtigt man den taktweisen Ablauf des Prozesses, so folgt aus Gl. (4):

$$\boldsymbol{p}_{l_0}\boldsymbol{Q}_{l_0,l_1}\boldsymbol{Q}_{l_1,l_2}\cdots\boldsymbol{Q}_{l_{D-2},l_{D-1}}\boldsymbol{Q}_{l_{D-1},l_D} = \boldsymbol{p}_{l_D}\,. \tag{5}$$

Da alle Vektoren $\boldsymbol{p}_{l_i}$ mit $i = 0(1)\,D$ bekannt sind, läßt sich Gl. (5) und damit Gl. (4) ermitteln, wenn $\boldsymbol{Q}_{l_i,l_{i+1}}$ aus der Gl. (6) bestimmt werden kann:

$$\boldsymbol{p}_{l_i}\boldsymbol{Q}_{l_i,l_{i+1}} = \boldsymbol{p}_{l_{i+1}}\,. \tag{6}$$

Setzt man voraus, daß die letzte Stufe des Systems aus nur einem Element besteht ($v_n = 1$), so nimmt die Matrix $\boldsymbol{Q}_{l_i,l_{i+1}}$ folgende Gestalt an:

$$\boldsymbol{Q}_{l_i,l_{i+1}} = \begin{pmatrix} q_{0,0}(1-q_{0,0}) & & & 0 \\ & q_{1,1}(1-q_{1,1}) & & \\ & & \cdots\cdots & \\ 0 & & & q_{l_D-1,l_D-1}\,(1-q_{l_D-1,l_D-1}) \\ & & & 1 \end{pmatrix}. \tag{7}$$

Unter Ausnutzung der getroffenen Voraussetzungen lassen sich folgende Berechnungsvorschriften für die Elemente der Matrix $\boldsymbol{Q}_{l_i,l_{i+1}}$ aus der Gl. (6) gewinnen:

$$q_{0,0} = \begin{cases} \dfrac{p_{l_{i+1}}(0)}{p_{l_i}(0)} & \text{falls} \quad p_{l_i}(0)\,p_{l_{i+1}}(0) \neq 0 \\ 1 & \text{sonst.} \end{cases} \tag{8}$$

und für $q_{j,j}$ mit $j = 1(1)\,n$

$$q_{j,j} = \begin{cases} \dfrac{p_{l_{i+1}}(j) - p_{l_i}(j-1)\,q_{j-1,j}}{p_{l_i}(j)} & \text{falls das Produkt aus Zähler und Nenner} \neq 0 \text{ ist} \\ 1 & \text{sonst.} \end{cases} \tag{9}$$

wobei für alle j mit $j = 0(1)\,l_D - 1$ gilt: $q_{j,j+1} = 1 - q_{j,j}$. Die Voraussetzung $v_n = 1$, die zur Bestimmung von $\boldsymbol{Q}_{l_i,l_{i+1}}$ notwendig ist, kann jederzeit erfüllt werden, wenn ein absolut sicher funktionierendes Pseudoelement an die letzte Stufe angefügt wird.

Durch eine anschließende Multiplikation der Übergangsmatrizen $\boldsymbol{Q}_{l_i,l_{i+1}}$ kann man für jeden Takt l_j mit $j = 0(1)\,D$ die Übergangsmatrizen $\boldsymbol{Q}_{l_j,l_D}$ berechnen.

Wird der Stabilitätsbereich zum Zeitpunkt D mit $[m_u(D); m_0(D)]$ angegeben, so erhält man die Elemente des δ-Bereiches $B_{1-\alpha}(l_j t_n; D)$ wie folgt:

Für alle $m(l_j t_n) = 0(1)\,l_D$ ist $m(l_j t_n)$ Element des δ-Bereiches $B_{1-\alpha}(l_j t_n; D)$, wenn gilt:

$$\sum_{r=m_u(D)}^{m_0(D)} q_{m\,(l_j,\,t_n),\,r} \geqq 1 - \alpha\,. \tag{10}$$

Entsprechend der Definition des δ-Bereiches nach Gl. (3) werden hier alle Übergangswahrscheinlichkeiten $q_{m,r}$ der Übergangsmatrix $\boldsymbol{Q}_{l_j,l_D}$ bei fester Zeile m über alle Spalten r des Stabilitätsbereiches $[m_u(D); m_0(D)]$ addiert. Erreicht die Summe der Übergangswahrscheinlichkeiten entsprechend Gl. (3) mindestens den Wert $1 - \alpha$, so wird der Wert m in den δ-Bereich der zulässigen Anfangspunkte $B_{1-\alpha}(l_j t_n; D)$ aufgenommen. m durchläuft alle Werte von 0 bis l_D.

Da die Beziehung (10) für alle Takte l_j zwischen $[l_0 t_n; D]$ gilt, ist der δ-Bereich für diesen Zeitraum vollständig bestimmbar und bekannt.

4. Demonstrationsbeispiel

Im Bild 3 sind Daten für ein Beispiel eines Fließabschnitts aus einem Betrieb des Automobilbaus angegeben. Es wird ein Zeit-

Strukturskizze	Anzahl der Elemente in einer Stufe v	Verweildauer der Teile min t_s	Pufferkapazitäten Stück b	Dauerverfügbarkeiten der Elemente % w
			16	
	1	5,44		82,0
			16	
	1	5,29		79,4
			16	
	1	5,29		79,0
			16	
	1	5,32		79,4
			16	
	1	5,34		95,4
			16	
	1	7,53		90,8

Bild 3. Angaben für ein Beispiel eines Fließabschnittes

raum von $D = 55$ min betrachtet. Die Takte laufen von $l = 1$ bis $l = \left[\frac{55}{7{,}53}\right] = 7$. Mit Hilfe des in [5] bzw. [6] beschriebenen Modells wurden folgende Vektoren $\boldsymbol{p}_{l_i}$ berechnet:

Einzelwahrscheinlichkeiten in %

	$p_i(0)$	$p_i(1)$	$p_i(2)$	$p_i(3)$	$p_i(4)$	$p_i(5)$	$p_i(6)$	$p_i(7)$
$\boldsymbol{p}_{l_0}=\boldsymbol{p}_1=$	(9,20	90,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00)
$\boldsymbol{p}_{l_1}=\boldsymbol{p}_2=$	(1,19	19,80	79,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00)
$\boldsymbol{p}_{l_2}=\boldsymbol{p}_3=$	(0,32	6,18	35,69	57,81	0,00	0,00	0,00	0,00)
$\boldsymbol{p}_{l_3}=\boldsymbol{p}_4=$	(0,06	1,44	11,83	39,92	46,75	0,00	0,00	0,00)
$\boldsymbol{p}_{l_4}=\boldsymbol{p}_5=$	(0,02	0,51	4,83	20,98	42,14	31,52	0,00	0,00)
$\boldsymbol{p}_{l_5}=\boldsymbol{p}_6=$	(0,00	0,13	1,48	8,46	25,74	39,74	24,45	0,00)
$\boldsymbol{p}_{l_6}=\boldsymbol{p}_7=$	(0,00	0,04	0,52	3,50	13,46	29,79	35,31	17,38)

Die Übergangsmatrizen $\boldsymbol{Q}_{l_i,l_{i+1}}$ sind in Tafel 1 und die Übergangsmatrizen $\boldsymbol{Q}_{l_i,7}$ in Tafel 2 für die Werte $l_i = 3, 4, 5, 6$ angegeben. Der Stabilitätsbereich S (55) wird mit {5, 6, 7} festgelegt. Die untere Grenze m_u (55) = 5 würde einem Auslastungsgrad der Fließstrecke von $\eta = 0{,}7$ entsprechen. Da der Prozeß zu Demonstrationszwecken nur in einem sehr kurzen Zeitraum betrachtet wird, bestehen größere Sprünge in den Einzelwahrscheinlichkeiten der Vektoren $\boldsymbol{p}_{l_i}$ und in den Übergangswahrscheinlichkeiten. Somit muß auch aus Demonstrationsgründen das Stabilitätsniveau $1 - \alpha$ grob gewählt werden. Für $\alpha = 0{,}10$ und $\alpha = 0{,}30$ werden dann nach der Beziehung (10) folgende Bereiche der zulässigen Anfangspunkte erhalten:

Tafel 1. Matrizen der Übergangswahrscheinlichkeiten — $\boldsymbol{Q}_{i,i+1}$

(Angaben erfolgen in %)

von	$\boldsymbol{Q}_{6,7}$:							
	zu 0	1	2	3	4	5	6	7
0	100,00							
1		30,76	69,23				0	
2			29,05	70,94				
3		0		28,95	71,04			
4					28,94	71,05		
5						28,93	71,06	
6							28,91	71,08
7								100,00

von	$\boldsymbol{Q}_{5,6}$:							
	zu 0	1	2	3	4	5	6	7
0	100,00							
1		25,49	74,50				0	
2			22,77	77,22				
3		0		22,54	77,45			
4					22,52	77,47		
5						22,49	77,50	
6							100,00	0,00
7								100,00

von	$\boldsymbol{Q}_{4,5}$:							
	zu 0	1	2	3	4	5	6	7
0	33,33	66,66						
1		32,63	67,36				0	
2			32,62	67,37				
3		0		32,59	67,40			
4					32,57	67,42		
5						100,00	0,00	
6							100,00	0,00
7								100,00

von	$\boldsymbol{Q}_{3,4}$:							
	zu 0	1	2	3	4	5	6	7
0	18,75	81,25						
1		19,09	80,90				0	
2			19,13	80,86				
3		0		19,13	80,86			
4					100,00	0,00		
5						100,00	0,00	
6							100,00	0,00
7								100,00

Tafel 2. Matrizen der Übergangswahrscheinlichkeiten — $\boldsymbol{Q}_{i,7}$

(Angaben erfolgen in %) $\boldsymbol{Q}_{6,7}$ ist aus Tafel 1 zu entnehmen:

von	$\boldsymbol{Q}_{5,7}$:							
	zu 0	1	2	3	4	5	6	7
0	100,00	0,00	0,00					
1		7,84	39,29	52,86			0	
2			6,61	38,52	54,86			
3		0		6,52	38,43	55,03		
4					6,51	38,42	55,05	
5						6,50	38,39	55,09
6							28,91	71,08
7								100,00

von	$\boldsymbol{Q}_{4,7}$:							
	zu 0	1	2	3	4	5	6	7
0	33,33	5,22	26,19	35,24				
1		2,55	17,28	43,20	36,95		0	
2			2,15	16,96	43,79	37,07		
3		0		2,12	16,91	43,83	37,11	
4					2,12	16,90	43,82	37,14
5						6,50	38,39	55,09
6							28,91	71,08
7								100,00

von	$\boldsymbol{Q}_{3,7}$:							
	zu 0	1	2	3	4	5	6	7
0	6,25	3,06	18,95	41,70	30,02		0	
1		0,48	5,04	21,97	42,48	29,99		
2			0,41	4,96	22,06	42,54	30,01	
3				0,40	4,95	22,05	42,54	30,03
4					2,12	16,90	43,82	37,16
5						6,50	38,39	55,09
6		0					28,91	71,08
7								100,00

	$\alpha = 0{,}10$	$\alpha = 0{,}30$
$B_{1-\alpha}(7{,}53; 55) =$	{3, 4, 5, 6, 7}	{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7}
$B_{1-\alpha}(15{,}06; 55) =$	{4, 5, 6, 7}	{2, 3, 4, 5, 6, 7}
$B_{1-\alpha}(22{,}59; 55) =$	{4, 5, 6, 7}	{2, 3, 4, 5, 6, 7}
$B_{1-\alpha}(30{,}12; 55) =$	{4, 5, 6, 7}	{3, 4, 5, 6, 7}
$B_{1-\alpha}(37{,}65; 55) =$	{4, 5, 6, 7}	{4, 5, 6, 7}
$B_{1-\alpha}(45{,}18; 55) =$	{5, 6, 7}	{4, 5, 6, 7}

Anhand dieses Beispiels ist besonders deutlich zu erkennen, daß der δ-Bereich zum Zeitpunkt $l_i t_n$ mit $l_i t_n < D$ den Stabilitätsbereich $S(D)$ umfaßt. Dies gilt für beide α-Werte. Die Ursachen hierfür sind darin zu sehen, daß sich der Prozeß zwischen $[l_i t_n; D]$ nichtfallend von Takt zu Takt bezüglich der gefertigten Menge weiterentwickelt und alle Aussagen im Gegensatz zur Definition von *Ljapunov* nur mit Wahrscheinlichkeit $1 - \alpha$ getroffen werden können.

5. Zusammenhang zwischen Stabilität und Zuverlässigkeit

Mit Kenntnis des Bereiches $B_{1-\alpha}(t_0, t)$ ist noch keine Aussage verbunden, ob überhaupt Prozeßrealisierungen von $M(t_0)$ in diesen Bereich fallen. Ist aber die Wahrscheinlichkeit hoch, daß der Prozeß im Zeitraum $[0; t_0]$ Werte aus dem Bereich $B_{1-\alpha}(t_0, t)$

bei festem t_0 und t annimmt, so liegt der Schluß nahe, daß die Vorgaben $S(t)$ zum Zeitpunkt t relativ sicher erfüllt werden, wenn α genügend klein ist. Somit kann man ein Maß für die Stabilität des Prozesses zum Niveau $1 - \alpha$ wie folgt definieren:

$$S_{1-\alpha}(t_0, t) = P(M(t_0) \in B_{1-\alpha}(t_0, t)) . \tag{11}$$

Das Stabilitätsmaß $S_{1-\alpha}(t_0, t)$ hängt von den Parametern t_0 und t sowie α ab. Für den Fall des Demonstrationsbeispiels würden sich folgende Werte ergeben:

Stabilitätsmaß	$\alpha = 0{,}10$	$\alpha = 0{,}30$
$S_{1-\alpha}(\ 7{,}53; 55) =$	0,00%	90,80%
$S_{1-\alpha}(15{,}06; 55) =$	0,00%	79,01%
$S_{1-\alpha}(22{,}59; 55) =$	0,00%	93,50%
$S_{1-\alpha}(30{,}12; 55) =$	46,75%	86,67%
$S_{1-\alpha}(37{,}65; 55) =$	73,66%	73,66%
$S_{1-\alpha}(45{,}18; 55) =$	64,19%	89,63%

Die auftretenden Schwankungen des Stabilitätsmaßes sind ebenfalls hauptsächlich aufgrund der geringen Anzahl der betrachteten Takte und aus der groben Wahrscheinlichkeitsverteilung zu Beginn eines jeden Prozesses zu erklären. Läßt sich der δ-Bereich $B_{1-\alpha}(t_0, t)$ als eine Teilmenge der natürlichen Zahlen beschreiben, die mit $b_u(t_0)$ beginnt und mit $b_0(t_0)$ endet, dann läßt sich das Stabilitätsmaß $S_{1-\alpha}(t_0, t)$ wie folgt ermitteln:

$$\begin{aligned} S_{1-\alpha}(t_0, t) &= P(M(t_0) \in B_{1-\alpha}(t_0, t)) , \\ &= P(b_u(t_0) \leqq M(t_0) \leqq b_0(t_0)) , \\ &= R(t_0, b_u(t_0)) - R(t_0, b_0(t_0) + 1) . \end{aligned} \tag{12}$$

Durch die Beziehung (12) wird ein direkter Zusammenhang zwischen Zuverlässigkeitskennfunktion und Stabilitätsmaß zum Niveau $1 - \alpha$ für Prozesse, in denen Mengenleistungen realisiert werden, angegeben. Stellt sich, wie im Demonstrationsbeispiel, der jeweilige δ-Bereich nach oben „unbeschränkt" dar (eine natürliche Beschränkung ist die obere objektive Leistungsgrenze des Prozesses zum jeweiligen Zeitpunkt), so folgt aus der Beziehung (12):

$$S_{1-\alpha}(t_0, t) = R(t_0, b_u(t_0)) . \tag{13}$$

Ist die Prozeßzuverlässigkeit zum Zeitpunkt t_0 hoch, so ist unter den getroffenen Annahmen auch die Stabilität hoch. Eine hohe Prozeßzuverlässigkeit ist somit eine notwendige Bedingung für eine hohe Stabilität.

6. Schlußbemerkungen

Unter Berücksichtigung der Besonderheiten der hier betrachteten Prozesse bzw. Systeme, die nach ihrer Leistungsrealisierung bewertet werden, gelingt es durch Spezifizierung des allgemeinen Ljapunovschen Stabilitätsbegriffes, Berechnungsvorschriften für den Bereich der zulässigen Anfangspunkte zu schaffen. Das eingeführte Stabilitätsmaß weist enge Beziehungen zu der Zuverlässigkeitsfunktion auf und gibt somit die Möglichkeit, den bisher vermuteten Zusammenhang zwischen Stabilität und Zuverlässigkeit von Leistungsprozessen quantitativ zu untersuchen. Da die theoretischen Untersuchungen und die konkreten Berechnungen der Stabilitätswerte für die genannte spezielle System- bzw. Prozeßklasse noch am Anfang stehen, bleiben noch viele Gebiete für nähere Betrachtungen offen. So z. B.

- die Untersuchung der Gestalt des δ-Bereiches in Abhängigkeit von eingesetzten Prozeßreserven;
- die Aufstellung von Regeln zur Prozeßsteuerung in Abhängigkeit der Irrtumswahrscheinlichkeit α und unter Beachtung der auftretenden Kosten;
- die Untersuchung der Empfindlichkeit des Stabilitätsmaßes in Abhängigkeit von t_0, t und α;
- die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Zuverlässigkeitskennfunktion und Stabilitätsmaß zum Niveau $1 - \alpha$ u. a.

Die hier aufgeführten Definitionen und Berechnungsvorschriften sollen zu weiteren Untersuchungen und Diskussionen anregen.

Literatur

[1] *Müller, G.; Friedrich, L.:* Stabilität und Zuverlässigkeit von Fertigungsprozessen. Berlin: VEB Verlag Technik 1977.

[2] *Jankowski, B.:* Die Bewertung der Zuverlässigkeit und Stabilität von Fertigungsprozessen der metallverarbeitenden Industrie durch Kenngrößen. Dissertation an der IH Wismar 1979.

[3] *Krampe, H.:* Gedanken zur Stabilität von TUL-Prozessen. Hebezeuge und Fördermittel **20** (1980) H. 3, S. 84 und 85.

[4] *Klaus, G.; Buhr, K.:* Philosophisches Wörterbuch. Leipzig: VEB Bibliographisches Institut 1974.

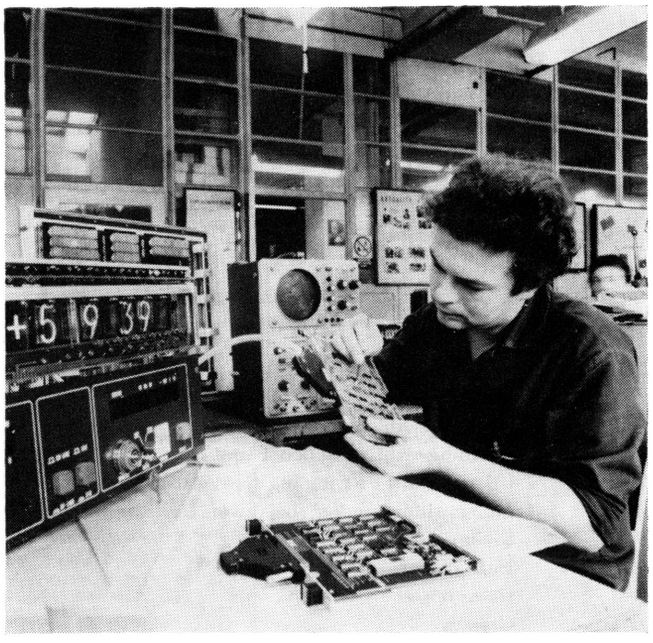
[5] *Grün, M.:* Das Mengenverhalten der Fließfertigung und die Bestimmung der effektiven Pufferung zur Erhöhung der Zuverlässigkeit und Stabilität. Dissertation an der IH Wismar 1979.

[6] *Grün, M.:* Ein neuer Zugang zur Quantifizierung des Mengenverhaltens und der Zuverlässigkeit spezieller betrieblicher Prozesse. msr **25** (1981) H. 3, S. 150–156.

[7] Enzyklopädie Kybernetik, Bd. 1 (A–M) (in Russ.). Kiew: Glawnaja redakzija USE 1974.

[8] *Lauenroth, H.-G.; Böhm, K.:* Kybernetik in der industriellen Organisation. Berlin: VEB Verlag Technik 1979.

msr 7455



In den Tesla-Werken in Kolin/ČSSR werden Steuerungssysteme auf der Basis von Mikroprozessoren entwickelt und projektiert. Erstmalig wurden derartige Systeme für die Gruppensteuerung von Drehmaschinen angewendet. Im Bild wird das Testen der Steuerfunktionen einer Einheit des Steuerungssystems NS 660 gezeigt. (Foto: ADN-ZB)

Dr.-Ing. *H. Hennig*, Leipzig[1])

Dimensionierung pneumatischer Übertragungsleitungen

IA 4.0.2.2.

0. Einleitung

Zur Dimensionierung pneumatischer Übertragungsleitungen werden verschiedene Berechnungsgleichungen verwendet, die wiederum verschiedene Kennwerte experimentell ermittelter Strömungswiderstände nutzen. Der Beitrag beschreibt die Zusammenhänge der verschiedenen Gleichungen und untersucht deren Genauigkeit sowie den Aufwand für die experimentellen Arbeiten. Es werden Schlußfolgerungen für die Berechnung pneumatischer Übertragungsleitungen gezogen. Abschließend werden einige Anwendungsbeispiele dargestellt.

Verwendete Bezeichnungen

Symbol	Einheit	Benennung
A	mm²	lichter Strömungsquerschnitt, Nennquerschnitt bei Ventilen
Q_0	m³/h	Volumenstrom, bezogen auf den Normzustand
R	Nm/kg K	Gaskonstante (für Luft: R = 278 Nm/kg K)
T	K	absolute Temperatur
d	mm	lichter Durchmesser, lichte Weite, dem Querschnitt A zugeordnet
g	m/s²	Erdbeschleunigung
l	m	Rohrlänge
$\dot{m}$	kg/s	Massenstrom
n	—	Polytropenexponent
p	MPa	absoluter statischer Druck
Δp	MPa	Druckdifferenz, Druckverlust
q_r	J	Reibungsenergie
w	m/s	Strömungsgeschwindigkeit, über den Strömungsquerschnitt gemittelt
α	—	Durchflußzahl
ε	—	Verhältnis absoluter Drücke
ζ	—	Widerstandsziffer
$\varkappa$	—	Adiabatenexponent
λ	—	Widerstandszahl
ξ	—	Energiebeiwert
ϱ	—	Dichte
ψ	—	Funktion zur Kennzeichnung der Abhängigkeit des Massenstromes vom Verhältnis des Ausgangsdruckes zum Eingangsdruck

Indizes

1, 2, ..., n	Ordnungszahlen
k	Ordnungszahl zwischen 1 und n
1, 2	bei p, w und ϱ: Eingang bzw. Ausgang eines Strömungswiderstandes (bei zwei Indizes an zweiter Stelle)
e	Bezugswert
ges	Gesamtwert
gr	Grenzwert

[1]) Mitteilung aus dem VEB Kombinat ORSTA-Hydraulik Leipzig, Zentralstelle für Standardisierung.

1. Zusammenhänge der verschiedenen Berechnungsgleichungen

Aus dem 1. Hauptsatz der Wärmelehre läßt sich für die stationäre Strömung von Fluids, bezogen auf 1 kg des Fluids, folgende allgemein geltende Gleichung herleiten:

$$\mathrm{d}q - \mathrm{d}w_t = \mathrm{d}i + g\,\mathrm{d}h + w\,\mathrm{d}w\,. \tag{1}$$

$\mathrm{d}q$ von außen zugeführte Wärmeenergie; $\mathrm{d}w_t$ entnommene technische Arbeit, $\mathrm{d}i$ Enthalpie des Fluids, $g\,\mathrm{d}h$ äußere Lageenergie, $w\,\mathrm{d}w$ Strömungsenergie

Die Gl. (1) gilt sowohl für die reibungsfreie als auch für die reibungsbehaftete Strömung. Die von der Reibung der Fluidteilchen untereinander und gegenüber der Wand herrührende Wärmeenergie $\mathrm{d}q_r$ bleibt im Fluid, erhöht dessen Enthalpie und setzt seine Strömungsgeschwindigkeit herab. Durch Raumschaffungsarbeit können die äußere Lageenergie und die Strömungsenergie geändert und die Reibungswiderstände überwunden werden. Aus Gl. (1) erhält man wegen

$$\mathrm{d}q - \mathrm{d}i = -\frac{1}{\varrho}\,\mathrm{d}p\,,$$

wenn keine technische Arbeit entnommen wird:

$$-\frac{1}{\varrho}\,\mathrm{d}p = g\,\mathrm{d}h + w\,\mathrm{d}w + \mathrm{d}q_r\,. \tag{2}$$

Diese Gleichung wird in mehreren Zweigen der Technik angewendet. Je nach Einsatzfall kann sie vereinfacht werden, indem verschiedene Glieder unberücksichtigt bleiben. Für den Bereich der Hydraulik und Pneumatik kann man die geodätische Höhe i. allg. vernachlässigen ($\mathrm{d}h \approx 0$). Man erhält somit die bereits vereinfachte Gleichung

$$-\frac{1}{\varrho}\,\mathrm{d}p = w\,\mathrm{d}w + \mathrm{d}q_r\,. \tag{3}$$

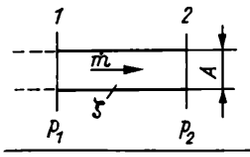
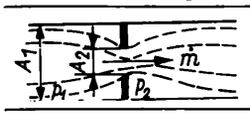
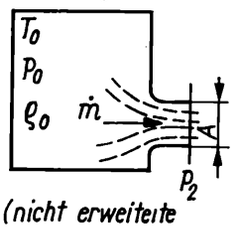
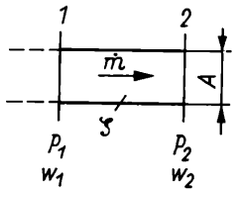
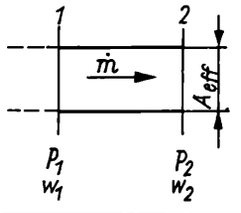
Je nachdem, welche Glieder der Gleichung berücksichtigt werden, entstehen verschiedene Gleichungen für den Massenstrom, die in der Tafel zusammengestellt worden sind.

Die Gln. (4) und (5) wurden der Übersicht wegen aufgenommen, weil für sie bereits genaue Festlegungen existieren. Sie betreffen die Auslegung hydraulischer Übertragungsleitungen (ϱ = konst.) und die Messung von Massen- bzw. Volumenströmen durch Düsen und Blenden.

Die übrigen Gleichungen betreffen die Strömung von Gasen. In Gl. (6) ist eine adiabatische, reibungsfreie Strömung durch eine Düse angenommen worden. Die Abweichungen von dieser theoretischen Annahme im praktischen Fall werden gemäß Gl. (7) durch die Einschnürung gegenüber der theoretischen Düsenform (Kontraktionszahl μ) und durch die verringerte Geschwindigkeit (Polytropenexponent $n < \varkappa$) berücksichtigt. Die Gl. (8) berücksichtigt alle Glieder der Gl. (3). Wird in dieser Gleichung die für die Beschleunigung des Gases erforderliche Energie vernachlässigt, so gelangt man zu Näherungsgleichung (9).

Es ist schließlich noch die Näherungsgleichung (10) angegeben, die keinen direkten Bezug zur Gl. (3) hat. Sie ist durch die Annäherung der grafisch dargestellten experimentellen Ergebnisse durch eine analytisch beschreibbare Funktion ermittelt worden. Sie wurde deshalb in der Übersicht mit aufgenommen, weil sie in dem Entwurf eines ISO-Standards verwendet wird [2].

Tafel. Gegenüberstellung verschiedener Gleichungen zur Berechnung des Massenstromes

Schema	Gleichung	Gl. Nr.	Bedingungen, Annahmen zu Gl. (3)	Korrekturen, experimentell ermittelte Größen	Anwendungsgebiet, bestehende Festlegungen
	$\dot{m} = \frac{A}{\sqrt{\zeta}} \sqrt{2\varrho(p_1 - p_2)}$	(4)	ϱ = konst.	ζ Widerstandsziffer	Auslegung hydraulischer Übertragungsleitungen; Ermittlung der Werte $\zeta = f(Re)$ nach ISO/DIS4411, TGL in Vorbereitung
	$\dot{m} = \alpha\varepsilon A_2 \sqrt{2\varrho(p_1 - p_2)}$	(5)	$\varrho \approx$ konst. $dq_r = 0$	α Durchflußzahl ε Expansionszahl	Messung von Massen- bzw. Volumenströmen nach ISO 5167 und DIN 1952
Mündung  (nicht erweiterte Düse)	$\dot{m} = A\psi_1 \sqrt{\varrho_0 p_0}$ mit $\psi_1 = \sqrt{\frac{2\varkappa}{\varkappa - 1}\left[\left(\frac{p_2}{p_0}\right)^{2/\varkappa} - \left(\frac{p_2}{p_0}\right)^{(\varkappa+1)/\varkappa}\right]}$	(6)	$dq_r = 0$ $p_2 \geqq p_{kr}$	$n = \varkappa$	Verwendung bei Strahlapparaten, Strömungsmaschinen Anmerkung: $\psi_1 = \sqrt{2}\,\psi_s$ ψ_s s. Bild 5
	$\dot{m} = \mu A \bar{\psi}_1 \sqrt{\varrho_0 p_0}$ $\bar{\psi}_1 = \sqrt{\frac{2n}{n - 1}\left[\left(\frac{p_2}{p_0}\right)^{2/n} - \left(\frac{p_2}{p_0}\right)^{(n+1)/n}\right]}$	(7)	$p_2 \geqq p_{kr}$	μ Kontraktionszahl (Strahleinschnürung) $n < \varkappa$ berücksichtigt Reibungsverluste	
	$\dot{m} = \frac{A}{\sqrt{\zeta}} \psi \sqrt{\varrho_1 p_1}$ mit $\psi = \sqrt{\frac{1 - (p_2/p_1)^2}{1 + [2{,}1 \ln (p_1/p_2)]/\zeta}}$	(8)	$p_2 \geqq p_{2gr}$	isothermische Strömung, ζ Widerstandsziffer	Auslegung pneumatischer Übertragungsleitungen, genaue Gleichung
	$\dot{m} = \frac{A}{\sqrt{\zeta}} \psi_2 \sqrt{\varrho_1 p_1}$ mit $\psi_2 = \sqrt{1 - (p_2/p_1)^2}$	(9)	$p_2 = p_{2gr}$ $\ln (p_1/p_2)$ vernachlässigt		Näherungsgleichung
	$\dot{m} = A_{eff} \psi_3 \sqrt{\varrho_1 p_1}$ mit $\psi_3 = \sqrt{2\frac{\Delta p}{p_1}\left(1 - s\frac{\Delta p}{2p_1}\right)}$	(10)	keine Beziehung zu Gl. (3), Gleichung empirisch ermittelt	A_{eff} effektiver Durchflußquerschnitt s Kompressibilitätszahl	Berechnung des Massenstromes durch pneumatische Strömungswiderstände; Auslegung pneumatischer Übertragungsleitungen; Gleichung entspricht ISO-entwurf ISO/DP 6358

2. Diskussion der verschiedenen Gleichungen für die Strömung von Gasen

Von den für die Gasströmung in Frage kommenden Gleichungen berücksichtigt nur Gl. (8) alle Glieder der Gl. (3) und erlaubt, die seit mehreren Jahrzehnten durch viele Wissenschaftler gesammelten theoretischen und experimentellen Erkenntnisse anzuwenden (s. [4]).

Aus diesem Grund soll sie als Bezugsgleichung für Gegenüberstellungen Verwendung finden. Die Gleichungen wurden für den Massenstrom aufgestellt und enthalten jeweils konstante Glieder, eine druckabhängige Funktion und die Wurzel der Anfangswerte $\varrho_1 p_1$ bzw. $\varrho_0 p_0$.

Zunächst sollen die wichtigsten Zusammenhänge dargestellt werden, die der Gl. (8) zugrunde liegen. Nach [4] gilt für die adiabatische Strömung in einer Rohrleitung auf Grundlage der Gl. (3)

$$\frac{\lambda l}{d} = \xi\left(\frac{\varkappa - 1}{\varkappa} - 2\right)\ln\frac{w_2}{w_1} - RT_0\left(\frac{1}{w_2^2} - \frac{1}{w_1^2}\right). \qquad (11)$$

In dieser Gleichung berücksichtigt der Energiebeiwert ξ die Abweichungen der Strömungsgeschwindigkeiten in einem bestimmten Strömungsquerschnitt von deren Mittelwert. In dem für Übertragungsleitungen pneumatischer Antriebe üblichen Bereich von $4 \cdot 10^3 \leqq Re \leqq 4 \cdot 10^6$ bewegt sich der Wert von ξ im Bereich $1{,}058 \geqq \xi \geqq 1{,}031$. Im weiteren wird $\xi = 1{,}05$ angenommen. Die Widerstandszahl λ berücksichtigt die durch eine Rohrleitung verursachten Reibungsverluste. Die Abhängigkeit der Größe der Widerstandszahl λ von der Reynolds-Zahl wurde in zahlreichen Arbeiten gründlich untersucht. Der Reibungswiderstand von Leitungsteilen wird im Schrifttum bevorzugt durch Widerstandsziffern ζ berücksichtigt. Der Reibungswiderstand von Absperrventilen und Armaturen wird durch die

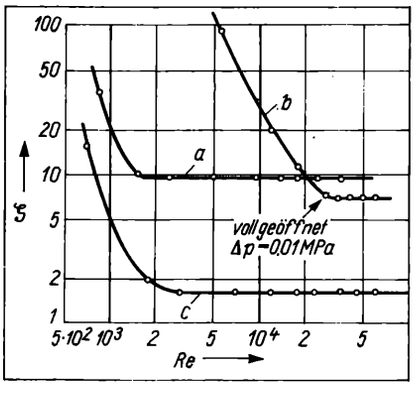


Bild 1. Widerstandsziffern verschiedener Ventile in Abhängigkeit von der Reynolds-Zahl [9]

a Drosselventil AOH 4 TGL 20718, nahezu voll geöffnet; *b* Rückschlagventil A 4 TGL 20724 (Strömungsquerschnitt konstant nach völliger Öffnung des Rückschlagventils); *c* Schnellentlüftungsventil A 4 TGL 20733, Ausströmrichtung in Atmosphäre

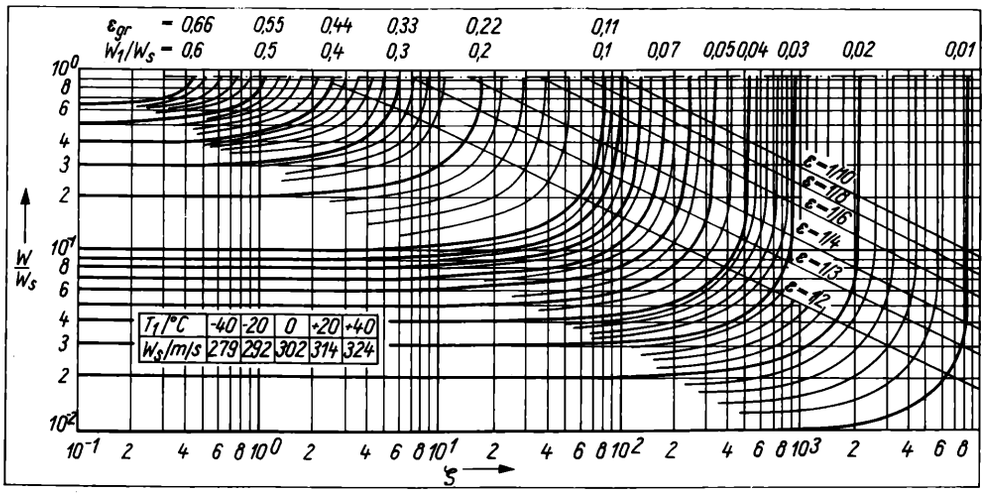


Bild 2. Geschwindigkeitsverlauf entlang pneumatischer Übertragungsleitungen bei isothermischer Strömung

Widerstandsziffer ζ oder durch „äquivalente Rohrleitungslängen" angegeben, die den gleichen Strömungswiderstand wie die zugeordneten Ventile haben [4].

Messungen haben gezeigt, daß im Bereich von $\mathrm{Re} = 3 \cdot 10^3$ die ζ-Werte von Ventilen verschiedener Art konstant sind, d. h. sich wie rauhe Rohrleitungen verhalten. Wegen der vielen möglichen Störungen, Umlenkungen, Erweiterungen, Verengungen usw. der Strömung ist diese als Wirbelbewegung vorstellbar, bei der der Einfluß der Zähigkeit verschwindet. Bild 1 zeigt die Widerstandsziffern verschiedener Ventile in Abhängigkeit von der Reynolds-Zahl. Die dargestellte Abhängigkeit gilt prinzipiell für nahezu alle Elemente pneumatischer Übertragungsleitungen, z. B. für Wegeventile, Absperrventile, Doppelrückschlagventile, Rückschlagventile, Drosselventile (maximal geöffnet), Rohre und Schläuche (in Abhängigkeit von Re), Rohrformstücke, Rohrverschraubungen, Leitungskanäle in Platten und Blöcken.

Nur Elemente, deren Strömungsquerschnitte oder Strömungswege sich durch den Massenstrom oder Druck verändern, können nicht oder nur mit Einschränkungen auf diese Weise betrachtet werden.

Setzt man $l/d = \zeta$, berücksichtigt die Kontinuitätsgleichung $w_1\varrho_1 = w_2\varrho_2$ und die Gleichung der polytropischen Zustandsänderung $p/\varrho^n = \text{konst.}$, so erhält man aus Gl. (11)

$$\zeta = k \ln \frac{p_2}{p^1} - \frac{RT_0}{w_1^2}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{2/n} - 1\right] \quad \text{mit} \quad k = \frac{n+1}{n^2}\,\xi$$

und für isothermische Zustandsänderung ($n = 1$)

$$\zeta = 2{,}1 \ln \frac{p_2}{p_1} - \frac{RT}{w_1^2}\left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{2} - 1\right]. \tag{12}$$

Wegen $\dot{m} = Aw_1\varrho_1$ erhält man unter Verwendung von Gl. (12) und der allgemeinen Gasgleichung $p_1/\varrho_1 = RT_1$

$$\dot{m} = \frac{A}{\sqrt{\zeta}}\sqrt{\frac{1-(p_2/p_1)^2}{1+[2{,}1\cdot \ln (p_1/p_2)]/\zeta}}\,\sqrt{p_1\varrho_1} = \frac{A}{\sqrt{\zeta}}\,\psi\sqrt{p_1\varrho_1}\,. \tag{8}$$

Untersuchungen der auftretenden Zustandsänderungen in pneumatischen Antrieben lassen den Schluß zu, daß in der Praxis nahezu immer mit isothermischen Strömungsverhältnissen gerechnet werden kann [5].

Bild 2 zeigt, wie sich die Strömungsgeschwindigkeit verändert, wenn die Gesamtwiderstandsziffer zunimmt. Auf der Ordinate ist das Verhältnis der Strömungsgeschwindigkeit w entlang einer Rohrleitung zur Schallgeschwindigkeit w_s aufgetragen. Verfolgt man z. B. die Linie für das Verhältnis der Anfangsgeschwindigkeit zur Schallgeschwindigkeit $w_1/w_s = 0{,}1$ für eine Rohrleitung mit $\zeta_{ges} = 80$, so bleibt w/w_s bis zum Wert $\zeta = 5{,}0$ nahezu unverändert, nimmt bis $\zeta = 60$ auf $w/w_s = 0{,}2$ zu und erreicht bei $\zeta = 80$ die bei isothermischer Strömung erreichbare Höchstgeschwindigkeit $w_{max} = RT$ entsprechend $w_{max}/w_s = \sqrt{(\varkappa+1)/2\varkappa} = 0{,}926$. Auf dem letzten Teil der Rohrleitung erfolgt ein wesentlicher Geschwindigkeitszuwachs. Die dabei erreichten Druckverhältnisse $\varepsilon = p_2/p_1$ sind für einige Werte im Bild 2 eingezeichnet. Bei einer Anfangsgeschwindigkeit w_1 von z. B. $0{,}060\ w_s$ würde bei der selben Rohrleitung ($\zeta = 80$) nur eine Geschwindigkeitserhöhung auf $0{,}075\ w_s$ auftreten.

In Abhängigkeit von der Widerstandsziffer sind zum Erreichen der maximalen Strömungsgeschwindigkeit bestimmte Werte des Druckverhältnisses $\varepsilon = p_2/p_1$ erforderlich. Bild 3 stellt die Funktion ψ für einige Grenzdruckverhältnisse $\varepsilon_{gr} = p_{2gr}/p_1$ dar. Für $\varepsilon < \varepsilon_{gr}$ bleibt der Wert der Funktion ψ unverändert, d. h., der Massenstrom $\dot{m}$ ist unabhängig vom Druck p_2 und propor-

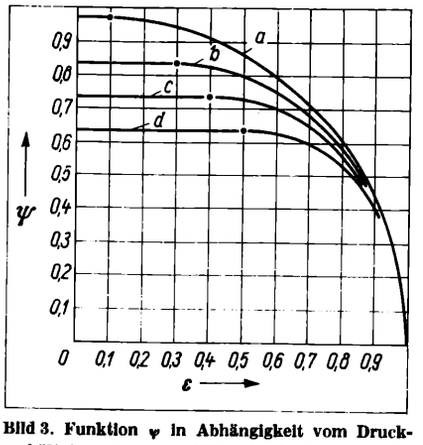


Bild 3. Funktion ψ in Abhängigkeit vom Druckverhältnis ε für einige Widerstandsziffern bei isothermischer Strömung

a $\varepsilon_{gr} = 0{,}1$; $\zeta = 99$; *b* $\varepsilon_{gr} = 0{,}3$; $\zeta = 8{,}1$; *c* $\varepsilon_{gr} = 0{,}4$; $\zeta = 3{,}6$; *d* $\varepsilon_{gr} = 0{,}5$; $\zeta = 1{,}7$

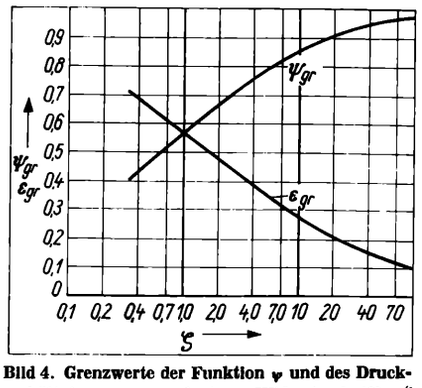


Bild 4. Grenzwerte der Funktion ψ und des Druckverhältnisses ε zugeordnet zur Widerstandsziffer ζ für isothermische Strömung

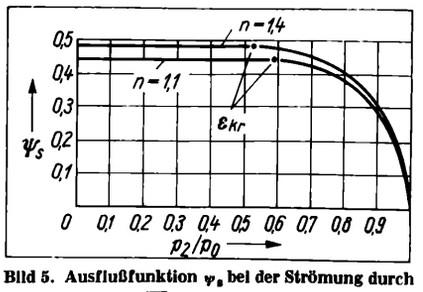


Bild 5. Ausflußfunktion ψ_s bei der Strömung durch Düsen $\psi_s = \psi_1/\sqrt{2}$

tional dem Druck p_1. In diesem Fall erfolgt beim Ausströmen aus der Rohrleitung eine ungeführte Entspannung bis zum Druck p_2, die mit Lärmentwicklung verbunden ist. Dieser Strömungszustand wird „gedrosselte Strömung" (choked flow) bezeichnet.

Im Bild 4 sind das Grenzdruckverhältnis (critical pressure ratio) und der Grenzwert der Funktion ψ in Abhängigkeit von der Widerstandsziffer dargestellt, um die Zuordnung dieser Kenngrößen zur Größe der Widerstandsziffer deutlich zu machen. Aus Gl. (8) ist erkennbar, daß mit $\zeta \to \infty$ die Grenzwerte $\psi_{gr} \to 1$ und $\varepsilon_{gr} \to 0$ gehen. Es genügt die experimentelle Ermittlung der Widerstandsziffer ζ, um daraus alle charakteristischen Strömungseigenschaften eines pneumatischen Leitungselementes zu bestimmen (bei Drosselventilen bei maximal geöffnetem Querschnitt).

Für die Auslegung pneumatischer Übertragungsleitungen interessiert der größte Massenstrom. Da bei Drosselventilen der Strömungswiderstand im allgemeinen bis zum Wert Null eingestellt werden kann, ist die Größe des ζ-Wertes für beliebige Einstellungen in diesem Zusammenhang von untergeordneter Bedeutung. Da mit Verkleinerung des Drosselquerschnittes der Gesamtströmungswiderstand der Übertragungsleitung zunehmend durch das Drosselventil bestimmt wird, ergeben sich Abweichungen bei der Bestimmung der Funktion ψ, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll.

Für die Berechnung der Strömung durch nicht erweiterte Düsen und durch Blenden sind die Gln. (6) und (7) gut anzuwenden. Im Bild 5 ist die Ausflußfunktion $\psi_s = \psi_1/\sqrt{2}$ dargestellt. Durch Reibung tritt Strahlablösung und -kontraktion ein, die maximale Geschwindigkeit ist kleiner als die Schallgeschwindigkeit. Die Strahleinschnürung wird durch die Kontraktionszahl μ und der Übergang der Reibungswärme an den Luftstrom durch einen Polytropenexponenten n berücksichtigt, der kleiner ist als $\varkappa$. Der Vergleich der Düsenströmung mit der Rohrströmung ist kaum möglich, weil bei jener die Reibung zur Veränderung des Polytropenexponenten und zur Vergrößerung des kritischen Druckverhältnisses führt. Dieses Verhalten ist entgegengesetzt zu dem der Rohrströmung. Die Gln. (6) und (7) sollten deshalb nicht zur Berechnung der Strömungswiderstände von Rohrleitungen verwendet werden. Sie könnten bestenfalls auf das direkte Ausströmen durch Bauelemente mit kleinen Widerstandsziffern (etwa bis $\zeta = 2{,}0$) angewendet werden (s. auch Bild 4).

Bei Anwendung der Gl. (9) kommt es zur Fehlberechnung des Massenstromes, weil das Beschleunigungsglied der Gl. (8) nicht berücksichtigt wurde. Der relative Fehler wird durch folgende Gleichung beschrieben

$$\frac{\Delta\dot{m}}{\dot{m}} = \frac{\Delta\psi_2}{\psi} = \frac{\psi_2 - \psi}{\psi} = \sqrt{1 + [2{,}1 \cdot \ln(p_1/p_2)]/\zeta} - 1 . \quad (13)$$

Der relative Fehler wurde im Bild 6 für verschiedene Druckverhältnisse in Abhängigkeit von ζ dargestellt. Wie man erkennt, wird durch Gl. (9) der Massenstrom zu groß bestimmt. Je größer die Widerstandsziffer ist, um so kleiner ist der Fehler. Zum Beispiel beträgt bei einem Druckverhältnis von $\varepsilon = 0{,}8$ und bei einer Widerstandsziffer von $\zeta = 10$ der relative Fehler nur etwa 2%.

Interessant ist der Vergleich der Gl. (10) mit der Gl. (8). Setzt man

$$A_{eff} = A/\sqrt{\zeta}; \qquad s = 1/(1 - \varepsilon_{gr}) \quad (14)$$

(in [2] ist $s = 1/(1 - b)$), so kann man den relativen Fehler $\Delta\psi_3/\psi$ errechnen. Im Bild 7 ist er in Abhängigkeit von der Widerstandsziffer ζ für verschiedene ε-Werte aufgetragen. Man kann für $\zeta = 9$ eine vollständige Übereinstimmung feststellen. Für kleinere ζ-Werte wird der Massenstrom zu groß, für größere ζ-Werte geringfügig zu klein bestimmt. Für ζ-Werte >5 ist der relative Fehler kleiner als 2,5%.

3. Experimenteller Aufwand zur Ermittlung der Kennziffern

3.1. Ausströmen aus Düsen

Bei gut abgerundeten Mündungen wird $\mu = 1$, während bei schlechten Rundungen oder scharfen Kanten μ bis zu 0,65 verkleinert wird [3] und [7]. Die Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit durch Wandreibung wird auch durch den Geschwindigkeitsbeiwert φ ausgedrückt, der z. B. bei Strahlapparaten zwischen 0,98 und 0,90 liegt [7]. Da die Gleichung für das Ausströmen durch Düsen für die Bestimmung der Strömungswiderstände pneumatischer Bauelemente unzweckmäßig ist (vgl. Abschn. 2.), soll auf den erforderlichen experimentellen Aufwand nicht näher eingegangen werden.

3.2. Bestimmung der Widerstandsziffer

Die verwendete Meßeinrichtung ist vom Aufbau her die gleiche, die nach [2] vorgesehen ist (Bild 8). Die Ermittlung des ζ-Wertes erfolgt nach Umstellung der Gl. (9) aus

$$\zeta = 13{,}2\, d^4 \frac{p_1 \Delta p}{Q_0^2}\left[1 - \frac{\Delta p}{2p_1}\right] \quad \text{oder} \quad (15.1)$$

$$\zeta = 6{,}7 d^4 \frac{p_1}{Q_0^2}\left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^2\right]. \quad (15.2)$$

Es genügt die Ermittlung der Widerstandsziffer bis zu Reynolds-Zahlen von 10^4 bis 10^5. Dadurch kann der erforderliche Massenstrom der Meßeinrichtung relativ klein gehalten werden. Die Druckdifferenz bleibt ebenfalls klein, so daß die Näherungsgleichung (9) ausreichend genau ist.

3.3. Bestimmung des Leitwertes und des kritischen Druckverhältnisses in Auswertung der Gl. (10)

Die Bestimmung erfolgt nach ISO/DP 6358 [2] mit relativ großem Aufwand. Das Verfahren soll aufgrund des Umfanges der erforderlichen Erläuterungen nicht an dieser Stelle wiederholt werden.

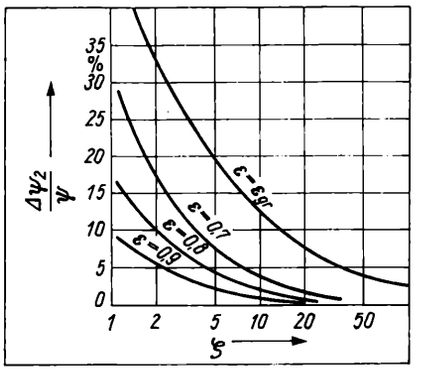


Bild 6. Relativer Fehler des ermittelten Massenstromes durch Nichtberücksichtigen des Beschleunigungsgliedes in Abhängigkeit von der Widerstandsziffer ζ bei isothermischer Strömung

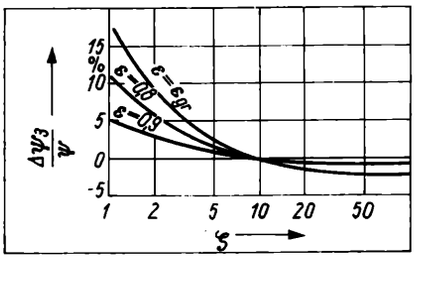
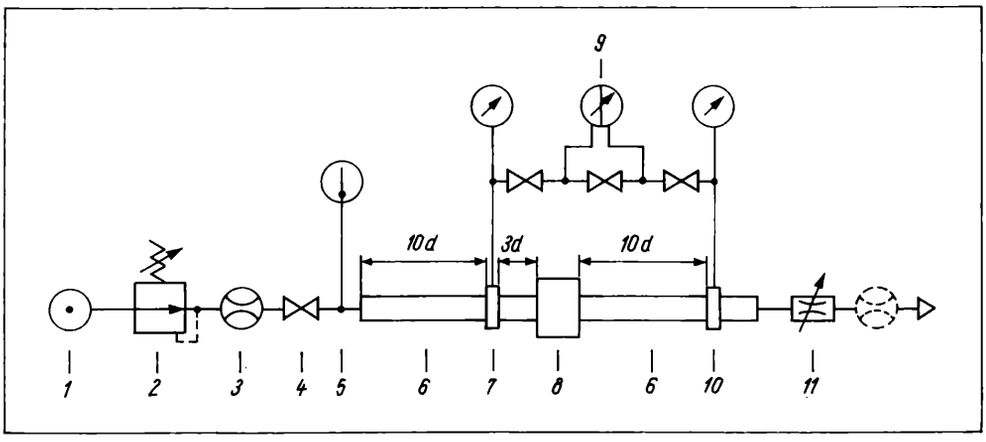


Bild 7. Relativer Fehler des ermittelten Massenstromes bei Verwendung der Gl. (10) gegenüber Gl. (8) in Abhängigkeit von der Widerstandsziffer ζ

Bild 8. Aufbau der Meßeinrichtung

1 Druckquelle für trockene, saubere, ölfreie Luft; *2* Druckminderventil; *3* Durchflußmeßgerät, Anordnung auch nach dem Drosselventil *11* möglich; *4* Absperrventil; *5* Temperaturmeßgerät; *6* Meßrohr; *7* Druckmeßgerät; *8* zu messendes Gerät bzw. Leitungselement; *9* Differenzdruckmeßgerät; *10* Druckmeßgerät; *11* Drosselventil; *d* lichte Weite



4. Schlußfolgerungen für die anzuwendenden Gleichungen

Die Schlußfolgerungen beziehen sich auf die Anwendung der Gln. (8) oder (10). Beide Gleichungen sind von der Auswertbarkeit her gleichwertig. Gl. (8) stützt sich aber auf eine durch vielfältige experimentelle Ergebnisse bestätigte Theorie.

Die Ergebnisse sind als genauer einzuschätzen.

Die Ermittlung des Leitwertes C und des kritischen Druckverhältnisses b erfordert Messungen des Luftstromes mindestens bis unter das kritische Druckverhältnis herab. Die Meßeinrichtung muß daher einen großen Massenstrom erfassen können. Dagegen können die Widerstandsziffern bei vergleichsweise niedrigen Luftströmen ermittelt werden. Das Grenzdruckverhältnis ist der Größe der Widerstandsziffer direkt zugeordnet.

Aus den genannten Gründen ist Gl. (8) der Gl. (10) und allen übrigen Gleichungen bei der Dimensionierung pneumatischer Übertragungsleitungen vorzuziehen. Die Praxis zeigt, daß mit dieser Gleichung gute Ergebnisse erzielt werden können [5] und [7].

5. Anwendungsbeispiele

5.1. *Bestimmung der Druckverluste beim Durchströmen von Widerständen*

Den Zusammenhang zwischen Strömungsgeschwindigkeit, Druckverhältnis und Strömungswiderstand beschreibt Gl. (12).

Zwischen dem Massenstrom $\dot{m}$ und der Strömungsgeschwindigkeit besteht die Beziehung

$$w = \dot{m}/A\varrho \qquad (w_1 = \dot{m}/a\varrho_1;\ w_2 = m/a\varrho_2)\,. \tag{16}$$

Die Gl. (12) wurde im Bild 9 grafisch dargestellt. Man kann damit die Geschwindigkeiten w_1 oder w_2 bestimmen, wenn ε und ζ bzw. ζ_{ges} bei Kombination mehrerer Einzelwiderstände gegeben sind oder das Druckverhältnis ε, falls ζ (ζ_{ges}) und w_1 oder w_2 gegeben sind. Der Druckverlust Δp kann aus der Beziehung

$$\Delta p = (1 - \varepsilon)\ p_1 = \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1\right) p_2 \tag{17}$$

berechnet werden.

5.2. *Reihenschaltung mehrerer Einzelwiderstände*

Unter der Voraussetzung, daß der Strömungsquerschnitt A aller Einzelwiderstände gleich groß ist, kann der Gesamtwiderstand mehrerer in Reihe geschalteter Einzelwiderstände folgendermaßen bestimmt werden (Bild 10). Man schreibt Gl. (12) für die Einzelwiderstände auf und addiert diese

$$\sum_{k=1}^{n} \zeta_k = 2{,}1\,(\ln \varepsilon_1 + \ln \varepsilon_2 + \ldots + \ln \varepsilon_n) - RT\left(\frac{\varepsilon_1^2 - 1}{w_1^2} + \frac{\varepsilon_2^2 - 1}{w_{21}^2} + \ldots + \frac{\varepsilon_n^2 - 1}{w_{n1}^2}\right)$$

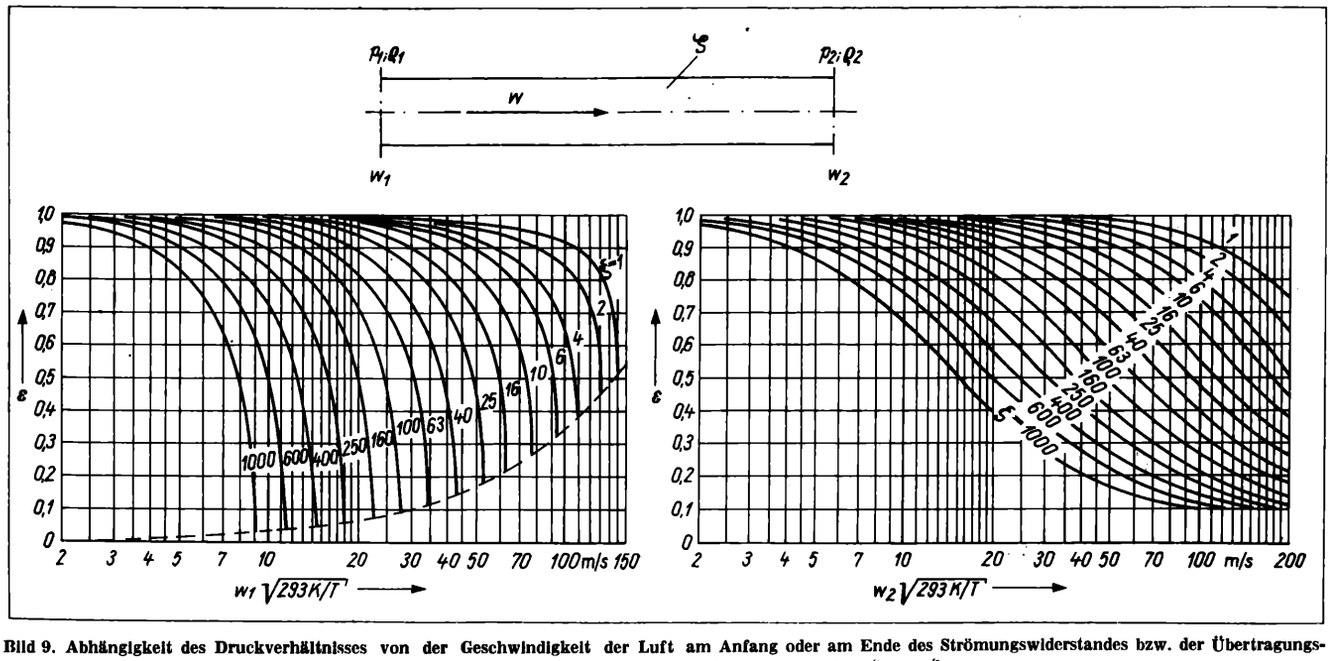


Bild 9. Abhängigkeit des Druckverhältnisses von der Geschwindigkeit der Luft am Anfang oder am Ende des Strömungswiderstandes bzw. der Übertragungsleitung unter Berücksichtigung der Temperatur bei isothermischer Strömung für einige Widerstandsziffern ζ bzw. ζ_{ges}

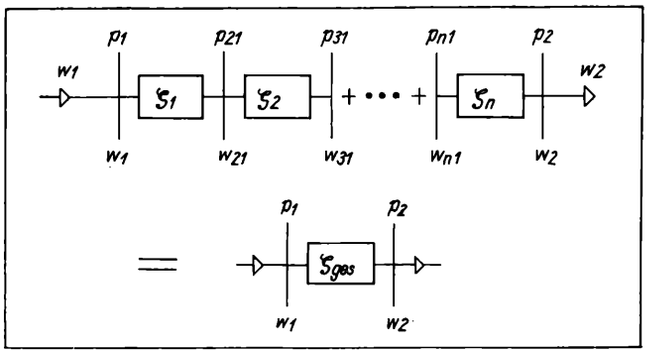


Bild 10. Erläuternde Darstellung zur Ermittlung der Gesamtwiderstandsziffer bei der Reihenschaltung mehrerer Einzelwiderstände

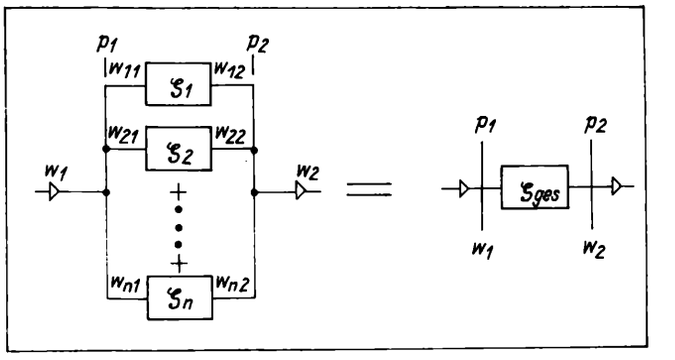


Bild 11. Erläuternde Darstellung zur Ermittlung der Gesamtwiderstandsziffer bei der Parallelschaltung mehrerer Einzelwiderstände

$$\sum_{k=1}^{n} \zeta_k = 2{,}1 \ln(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n) -$$

$$- RT\left(\frac{p_{21}^2 - p_1^2}{p_1^2 w_1^2} + \frac{p_{31}^2 - p_{21}^2}{p_{21}^2 w_{21}^2} + \ldots + \frac{p_2^2 - p_{n1}^2}{p_{n1}^2 w_{n1}^2}\right)$$

$$\sum_{k=1}^{n} \zeta_k = 2{,}1 \ln \varepsilon - \frac{RT}{p_1^2 w_1^2}(p_{21}^2 - p_1^2 + p_{31}^2 - p_{21}^2 + \ldots + p_2^2 - p_{n1}^2)$$

$$\sum_{k=1}^{n} \zeta_k = 2{,}1 \ln \varepsilon - \frac{RT}{w_1^2}\frac{p_2^2 - p_1^2}{p_1^2}$$

$$\sum_{k=1}^{n} \zeta_k = 2{,}1 \ln \varepsilon - \frac{RT}{w_1^2}(\varepsilon^2 - 1)\,.$$

Daraus ergibt sich für die Reihenschaltung die Gleichung

$$\zeta_{ges} = \sum_{k=1}^{n} \zeta_k\,. \tag{18}$$

5.3. *Parallelschaltung mehrerer Einzelwiderstände*

Unter der Voraussetzung, daß der Strömungsquerschnitt A aller Einzelwiderstände gleich groß ist, kann der Gesamtwiderstand mehrerer parallel geschalteter Einzelwiderstände folgendermaßen bestimmt werden (Bild 11).
Löst man Gl. (12) nach w_1 auf, so erhält man

$$w_1 = \sqrt{\frac{RT(1 - \varepsilon^2)}{\zeta - 2{,}1 \ln \varepsilon}}\,.$$

Definiert man die Durchflußzahl α durch

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{\zeta - 2{,}1 \ln \varepsilon}}, \tag{19}$$

so erhält man damit

$$w_1 = \alpha_{ges}\sqrt{RT(1 - \varepsilon^2)}\,. \tag{20}$$

Da das Druckverhältnis ε für alle Einzelwiderstände gleich groß ist, gilt

$$w_1 = \sum_{k=1}^{n} w_{k1} = \sum_{k=1}^{n} \alpha_k \sqrt{RT(1 - \varepsilon^2)}$$

und somit

$$\alpha_{ges} = \sum_{k=1}^{n} \alpha_k$$

und

$$\zeta_{ges} = \frac{1}{\left[\sum_{k=1}^{n} \frac{1}{\sqrt{\zeta_k - 2{,}1 \ln \varepsilon}}\right]^2} + 2{,}1 \ln \varepsilon\,. \tag{21}$$

Sofern ε bekannt ist und die Strömungsgeschwindigkeit bzw. der Massenstrom gesucht ist, kann die Gesamtwiderstandsziffer ζ_{ges} nach Gl. (21) genau berechnet werden. Ist jedoch das Druckverhältnis ε unbekannt und die Geschwindigkeit bzw. der Massenstrom vorgegeben, so kann ζ_{ges} nicht genau bestimmt werden. Es empfiehlt sich, folgende 1. Näherung zu verwenden:

$$\zeta_{ges} \approx \frac{1}{\left[\sum_{k=1}^{n} \frac{1}{\sqrt{\zeta_k}}\right]^2}\,. \tag{22}$$

Das Glied $-2{,}1 \ln \varepsilon$ wird dabei nicht berücksichtigt, wodurch ein Fehler entsteht, wie er im Bild 6 für $\Delta\psi_2/\psi$ dargestellt ist. Mit der so erhaltenen Gesamtwiderstandsziffer ζ_{ges} nach Gl. (22) kann man unter Verwendung des Bildes 9 das Druckverhältnis ε ermitteln. Durch Verwenden dieses Wertes in einem weiteren oder mehreren Schritten kann die Gesamtwiderstandsziffer nach Gl. (21) beliebig genau bestimmt werden.

5.4. *Bestimmung der Gesamtwiderstandsziffer bei verschiedenen Strömungsquerschnitten innerhalb einer Übertragungsleitung*

In Übertragungsleitungen werden zweckmäßigerweise übereinstimmende lichte Weiten der Rohre bzw. Nennweiten der Ventile verwendet. Dennoch sind Querschnittsveränderungen in der Praxis nicht auszuschließen. Bei Querschnittserweiterungen und -verengungen müßten genau genommen die ans den Geschwindigkeitsveränderungen resultierenden Umwandlungen von potentieller in kinetische Energie und umgekehrt berücksichtigt werden [8]. Da jedoch Erweiterungen und Verengungen i. allg. aufeinander folgen, gleichen sich die Auswirkungen auf den statischen Druck nahezu aus. Für die folgenden Betrachtungen blieben deshalb diese Vorgänge unberücksichtigt.
Um den Zusammenhang zwischen Gesamtwiderstandsziffer, Strömungsgeschwindigkeit und Druckverhältnis herstellen zu können, wird zweckmäßigerweise der kleinste in der Übertragungsleitung auftretende Querschnitt als Bezugsquerschnitt definiert:

$$w_1 = \frac{\dot{m}}{A_e \varrho_1} \quad \text{bzw.} \quad A_e = \frac{\dot{m}}{w_1 \varrho_1}\,. \tag{23}$$

5.4.1. Reihenschaltung

Man geht von Gl. (12) in folgender Form aus:

$$\zeta_k = 2{,}1 \ln \varepsilon_k + \frac{RT}{\dot{m}^2} A_k^2 \varrho_{k1}^2 (\varepsilon_k^2 - 1)\,,$$

$$\zeta_k \frac{A_e^2}{A_k^2} = 2{,}1 \frac{A_e^2}{A_k^2} \ln \varepsilon_k - \frac{RT}{w_{k1}^2}(\varepsilon_k^2 - 1)\,,$$

$$\zeta_{ges} = \sum_{k=1}^{n} \zeta_k \frac{A_e^2}{A_k^2} = 2{,}1 \left(\frac{A_e^2}{A_1^2} \ln \varepsilon_1 + \frac{A_e^2}{A_2^2} \ln \varepsilon_2 + \ldots + \frac{A_e^2}{A_n^2} \ln \varepsilon_n\right) - \frac{RT}{w_1^2}(\varepsilon^2 - 1)\,.$$

Bei der Summierung der Glieder der Gleichungen von $k = 1$ bis n entsteht eine Gleichung, in der sich die logarithmischen Glieder nicht zusammenfassen lassen. Da für A_e der kleinste in der Übertragungsleitung auftretende Querschnitt gewählt wurde, ist

$$\left|\frac{A_e^2}{A_1^2}\ln\varepsilon_1 + \frac{A_e^2}{A_2^2}\ln\varepsilon_2 + \ldots + \frac{A_e^2}{A_n^2}\ln\varepsilon_n\right| < |\ln\varepsilon| .$$

Die Gesamtabweichung wird durch die Größe der einzelnen Querschnittsabweichungen bestimmt. Um die Gleichung entsprechend Abschn. 5.1. auswerten zu können, wird die Summe der logarithmischen Glieder durch $\ln\varepsilon$ ersetzt. Dadurch entsteht ein Fehler, dessen Betrag stets kleiner ist als er durch Vernachlässigung des logarithmischen Gliedes gemäß Bild 6 entstehen würde. Die Gesamtwiderstandsziffer wird so größer bestimmt als tatsächlich vorhanden. Unter dieser Voraussetzung gilt die Näherung

$$\zeta_{ges} = \sum_{k=1}^{n} \frac{A_e^2}{A_k^2}\zeta_k . \tag{24}$$

Eine genaue Rechnung läßt sich nur gliedweise durchführen, wobei dann auch die Energieumwandlungen von potentieller in kinetische Energie und umgekehrt berücksichtigt werden können.

5.4.2. Parallelschaltung

Setzt man w_1 nach Gl. (20) in Gl. (23) ein, so erhält man

$$\dot{m} = \alpha_{ges} A_c \varrho_1 \sqrt{RT(1-\varepsilon^2)} .$$

Wegen

$$\dot{m} = \sum_{k=1}^{n} \dot{m}_k = \sum_{k=1}^{n} \alpha_k A_k \varrho_{k1} \sqrt{RT(1-\varepsilon^2)}$$

und $\varrho_{k1} = \varrho_1$; ergibt sich

$$\alpha_{ges} A_e = \sum_{k=1}^{n} \alpha_k A_k$$

oder

$$\alpha_{ges} = \sum_{k=1}^{n} \alpha_k \frac{A_k}{A_e},$$

$$\zeta_{ges} = \frac{1}{\left[\sum\limits_{k=1}^{n} \frac{1}{\sqrt{\zeta_k - 2{,}1\ln\varepsilon}} \cdot \frac{A_k}{A_c}\right]^2} + 2{,}1\ln\varepsilon . \tag{25}$$

Die Bestimmung des Druckverhältnisses ε bzw. des Druckverlustes Δp erfolgt analog zu den Abschn. 5.1. und 5.3.

Literatur

[1] ISO/DIS 4411. Hydraulic fluid power-valves-method of determining pressure differential/flow characteristics.

[2] ISO/DP 6358. Flow rate characteristics of compressible fluid components.

[3] ISO 5167. Durchflußmessungen mittels Blenden, Düsen, Venturidüsen, die in vollständig gefüllten Rohrleitungen mit kreisförmigem Querschnitt eingesetzt sind. DIN 1952 (bis März 1981: TGL 0-1952, Informationsblatt) Durchflußmeßregeln; Regeln für die Durchflußmessungen mit genormten Düsen, Blenden und Venturidüsen.

[4] *Richter, H.:* Rohrhydraulik. Westberlin/Göttingen/Heidelberg: Springer-Verlag 1958.

[5] *Hennig, H.:* Warum vereisen Pneumatikanlagen? msr **20** (1977) H. 6, S. 335–338.

[6] *Pohlenz, W.:* Technische Wärmelehre. In: Das Grundwissen des Ingenieurs, Leipzig: VEB Fachbuchverlag 1968.

[7] *Hennig, H.:* Zeit- und Bewegungsverhalten pneumatischer Linearantriebe. msr **22** (1979) H. 2, S. 65–70.

[8] *Schwarz, A.:* Übersicht zur Kennzeichnung fluidischer Widerstände. 4. Fachtagung Hydraulik und Pneumatik. Magdeburg 1981 (Tagungsmaterial).

[9] *Schönleben, A.:* Entwicklung einer Versuchseinrichtung zur Ermittlung der Widerstandsbeiwerte (Zeta-Werte) pneumatischer Ventile und Schaffung methodischer Grundlagen zur Versuchsdurchführung und -auswertung. Ingenieurabschlußarbeit, Leipzig 1973. msr 7477

Dr.-Ing. *W. Korobkow*, Podolsk/UdSSR, und Dipl.-Ing. *Ch. Harzbecker*, Karl-Marx-Stadt[1])

Zur Automatisierung der Nähprozesse bei der Schuhherstellung

1A 5.6.4

0. Einleitung

Bei der Schuhherstellung werden über 30% der gesamten Schaftfertigungszeit für Näharbeitsgänge benötigt. Der Transport des Nähgutes an der Nähmaschine erfolgt gegenwärtig von Hand. Für die

- Sicherung einer gleichbleibend hohen Bearbeitungsqualität
- Steigerung der Arbeitsproduktivität
- Verringerung der starken Belastung der Näherin
- Ermöglichung komplizierter Ziernähte

ist die Automatisierung der Nähprozesse erforderlich. Im Beitrag wird eine mögliche Variante der Automatisierung von Nähprozessen untersucht, nämlich das Anfertigen ebener Nähte durch numerisch gesteuerte Nähautomaten.

Ein Arbeitsgang besteht beim Nähen aus einer Folge von Arbeitszyklen, wobei sich jeder Zyklus aus einem Positioniervorgang und einer Stillstandszeit, die im zeitlichen Verhältnis 2:1 stehen, zusammensetzt (Bild 1). Das Schaftteil muß in der Zeit, in der sich die Nadel außer Kontakt mit dem Leder befindet, transportiert werden. Auf diese Weise läßt sich ein bestimmtes Bewegungs- und Stichmuster erzeugen, ohne die Nadel unnötig starken Biegungen auszusetzen.

Die wichtigsten Forderungen an die Nähvorgänge, die bei der Schaftteilmontage bzw. beim Ziersteppen auftreten, sind folgende:

— Diskontinuierlicher Transport der Schaftteile, weil das Nähen während der Bewegung des Leders zu übermäßiger Erwärmung der Nadel und zum Fadendurchbrennen führt.

[1]) Mitteilung aus dem Forschungszentrum des Werkzeugmaschinenbaues im VEB Werkzeugmaschinenkombinat „Fritz Heckert" Karl-Marx-Stadt.

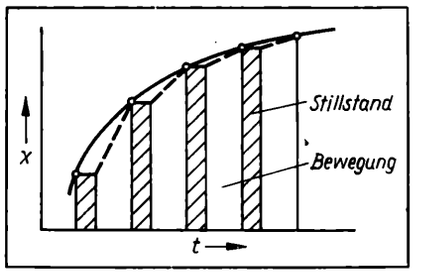


Bild 1. Diskontinuierlicher Nähguttransport (eine Achse)
——— Nahtform
— — — Bewegungsverlauf

- Variation der Stichweite von 1,5 bis 3 mm in Abhängigkeit von Schuhtyp, Modell und Nahtart. Am häufigsten sind Stichlängen um 2 mm.
- Maximal zulässige Abweichung von der jeweiligen Sollposition $\pm$ 0,1 mm.
- Möglichst hohe Nähgeschwindigkeit. Internationale Spitzenwerte für Nähautomaten liegen bei 800 bis 1800 Stichen/min in Abhängigkeit von der Arbeitsflächengröße [1].
- Die maximale Arbeitsfläche soll 550 mm $\times$ 500 mm betragen.

1. Wahl der Antriebslösung

Die genannten Forderungen sind sowohl mit einem Schrittantrieb als auch mit einem lagegeregelten Gleichstromstellantrieb erfüllbar. Ein Vergleich beider Antriebsarten [2] fällt eindeutig zugunsten des lagegeregelten Gleichstromstellantriebes aus. Seine Vorteile liegen insbesondere im bei gleicher Leistung geringeren Aufwand für Motor und Stellglied, im Systemcharakter dieses Antriebsprogrammes, im größeren zulässigen Lastträgheitsmoment und im breiten Angebot dieses Antriebstyps.
Für die Umsetzung der rotatorischen in eine translatorische Bewegung wird der Einsatz von Kugelschraubtrieben $\varnothing$ 25 $\times$ 5 in Verbindung mit einem Kreuzschiebetisch, der eine Arbeitsfläche von 550 mm $\times$ 500 mm hat, vorgeschlagen. Das auf die Motorwelle reduzierte Trägheitsmoment dieser Baugruppen beträgt etwa $1{,}5 \cdot 10^{-4}$ kgm². Hierfür und für die o. g. Stichweiten und Nähfrequenzen, scheint zunächst der Gleichstromstellmotor GSM 35.2 geeignet.
Die Richtigkeit seiner Wahl kann überprüft werden, indem man die mögliche Schaltfrequenz (Nähgeschwindigkeit) bestimmt. Bei der Dimensionierung wird als ungünstigster Fall eine achsparallele Bewegung des Nähgutes angenommen. Dabei ist die Motorbelastung maximal. Gleichung (1) enthält das Effektivmoment und erlaubt somit eine Dimensionierung des Motors nach thermischen Gesichtspunkten unter Berücksichtigung der Beschleunigungsvorgänge für den auftretenden Arbeitszyklus (Bild 2).

$$M_{DA} \geqq \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{4} M_i^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^{4} t_i}} \,. \tag{1}$$

Daraus läßt sich die Zykluszeit t_z als Funktion der Solldrehzahl ableiten [3]:

$$t_z = \frac{1}{f} = \frac{45\ \mathrm{s}}{n_D h} + \sqrt{\left(\frac{45\ \mathrm{s}}{n_D h}\right)^2 + 5 \cdot 10^{-3} \frac{J^2 \pi^2 n_D^2}{1{,}5 M_{DA}^2 - M_R^2}} \,. \tag{2}$$

Die Abhängigkeit der Schaltfrequenz bzw. der Nähgeschwindigkeit von der Solldrehzahl mit dem Parameter Stichweite ist im Bild 3 dargestellt. Dabei betragen $J = 2{,}8 \cdot 10^{-4}$ kg m², $M_{DA} =$ = 0,834 Nm [3], M_R = 0,2 Nm (Erfahrungswert).

Nach dem Nullsetzen der ersten Ableitung dt_z/dn_D ergibt sich die optimale Drehzahl n_{Do} zu

$$n_{Do} = 60 \sqrt[4]{\frac{0{,}094\ \mathrm{s}^2 (1{,}5\, M_{DA}^2 - M_R^2)}{J^2 \pi^2 h^2}} \,. \tag{3}$$

Diese Drehzahl entspricht der maximalen Schaltfrequenz bei einer bestimmten Stichweite. Die Lösung von Gl. (3) ist als gestrichelte Linie im Bild 3 eingetragen.

Bei der Erzeugung einer Bahnbewegung wird die Anpassung der Solldrehzahl an die jeweils zurückzulegende Stichkomponente vorgeschlagen. Dabei wird die zur Verfügung stehende Bewegungszeit voll genutzt und der Motor nicht mehr als nötig beschleunigt bzw. abgebremst. Außerdem bewirkt die Anpassung eine Reduzierung der ruckartigen Belastung der mechanischen Baugruppen.

Ausgehend von Gl. (1) wird zu diesem Zweck die Abhängigkeit $n_D = f(s)$ gebildet. Man erhält eine Gleichung 3. Ordnung, deren Lösung die Form

$$n_D = \frac{-120 t_z A}{J\pi} \cos\left(\frac{\arccos - \dfrac{9_s J \pi}{4 h t_z^2 A}}{3} + 60°\right) \tag{4}$$

mit

$$A = \sqrt{\frac{1{,}5 M_{DA}^2 - M_R^2}{54}} \tag{5}$$

hat.

Im Bild 4 ist die Abhängigkeit der Solldrehzahl von der Größe der Stichkomponente für die Stichweiten 2 mm und 3 mm bei maximaler Schaltfrequenz dargestellt. Im letzten Teil der Kurven fordert ein entsprechender Zuwachs der Wegkomponente eine viel größere Erhöhung der Solldrehzahl als bei kleinen Wegkomponenten. Das führt zu längeren Beschleunigungs- bzw. Bremsphasen und damit zu erhöhter thermischer Belastung des Motors. Um diese zu verringern, sollte die Anzahl der achsparallelen Nähte so niedrig wie möglich gehalten werden, was z. B. durch entsprechende Orientierung des Werkstückhalters bzw. des Schaftes realisierbar ist.

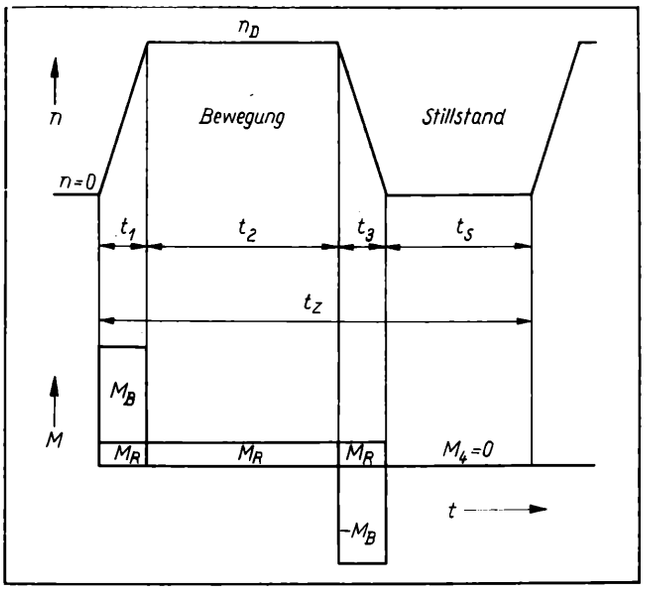


Bild 2. Schematische Darstellung eines Arbeitszyklus

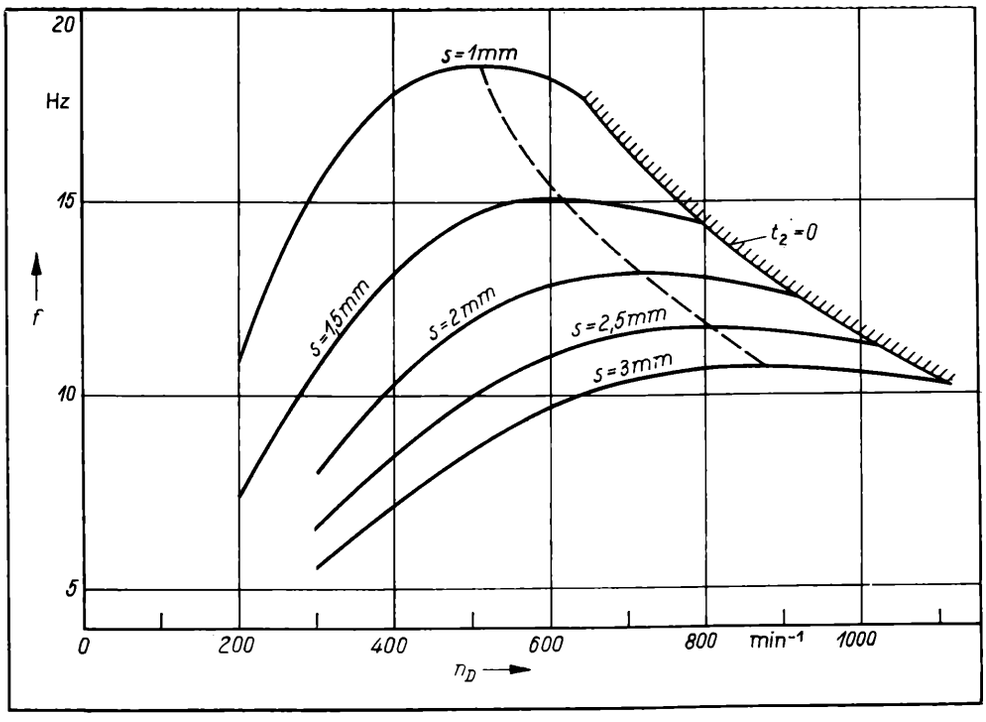


Bild 3. Schaltfrequenz als Funktion der Solldrehzahl bei $M = M_{DA}$

2. Lageregelkreis für eine Nähmaschinenachse

2.1. Struktur der Lageregelung

Für den Lageregelkreis wird eine einfache Struktur vorgeschlagen. Bild 5 zeigt das Signalflußbild. Dessen einzelne Glieder sind:

1. Als Lageregler wird ein P-Regler verwendet [5], da
   - der P-Regler nur einen veränderlichen Parameter besitzt und deshalb leicht einzustellen ist
   - bei einer softwareseitigen Realisierung der Lageregelung PI- oder PID-Regler höhere Rechenzeiten benötigen. Sie sind damit langsamer
   - die Anwendung von PI- oder PID-Reglern Schwierigkeiten bei der Stabilisierung des Lageregelkreises in reaktionsschnellen Gleichstromstellantrieben mit sich bringt.
2. Block 2, ein Geschwindigkeitssollwertgeber, der die notwendige Sollgeschwindigkeit nach einer Wurzelfunktion bildet.
3. Block 3 begrenzt die Sollgeschwindigkeit auf eine bei vorgegebener Stichkomponente optimale Winkelgeschwindigkeit $\pm \omega_D$.
4. Der Drehzahlregler ist, wie bei Vorschubantrieben an Werkzeugmaschinen üblich [6], als PI-Regler ausgebildet.
5. Block 5 begrenzt die Ausgangsspannung des Drehzahlreglers auf $\pm$ 10 V.
6. Die Blöcke 6 und 7 bilden Zweipunkttrigger bzw. Leistungsverstärker des Transistorpulsstellers TPS 32 A [7].
7. Den Gleichstromstellmotor GSM 35.2 kann man näherungsweise als PT_1-Glied betrachten. Ankerwiderstand R_A und elektrische Zeitkonstante des Motors τ_e haben folgende Werte [8]:

   $R_A = 2{,}47\,\Omega$, $\tau_e = 1{,}4 \cdot 10^{-3}$ s (Block 8).
8. Die Blöcke 9 und 13 bilden die Motorkonstante $C_m = k\Phi = 0{,}252$ N · m/A [8].
9. Auf den Antrieb wirkende Last wird durch den Block 12 realisiert.
10. Das Reibungsmoment des Wälzschraubtriebes stellt Block 11 dar.
11. Block 14 realisiert den Zusammenhang zwischen dem Istweg und der Winkelgeschwindigkeit

$$s_i = K_W \int_0^{t_z} \omega_i \, dt \,, \tag{6}$$

K_W ist dabei der Übertragungskoeffizient des Kugelschraubtriebes. Bei der Steigung $h = 5$ mm ist er gleich $K_W = 0{,}796$ mm/rad.

Das Strukturbild der Lagereglung beinhaltet eine ganze Reihe nichtlinearer Glieder, deshalb ist die Untersuchung dieses Lage-

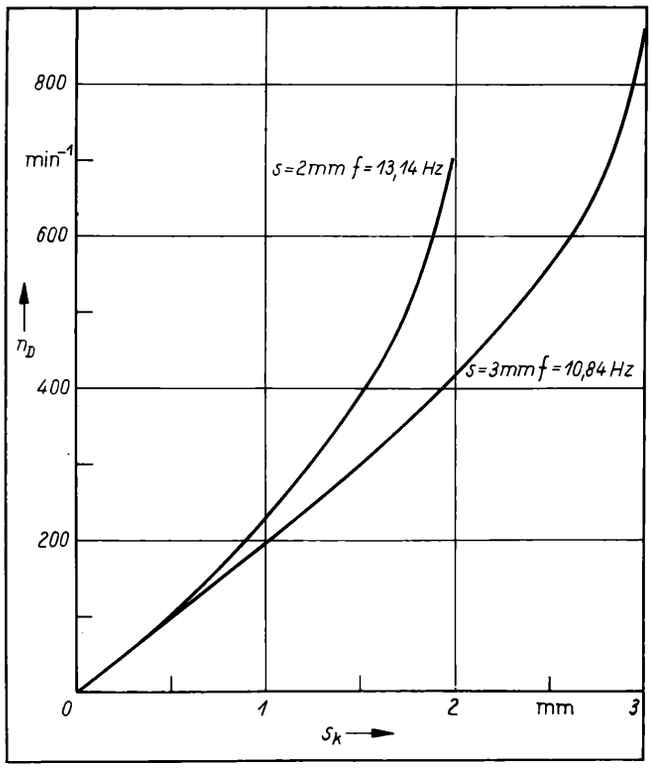
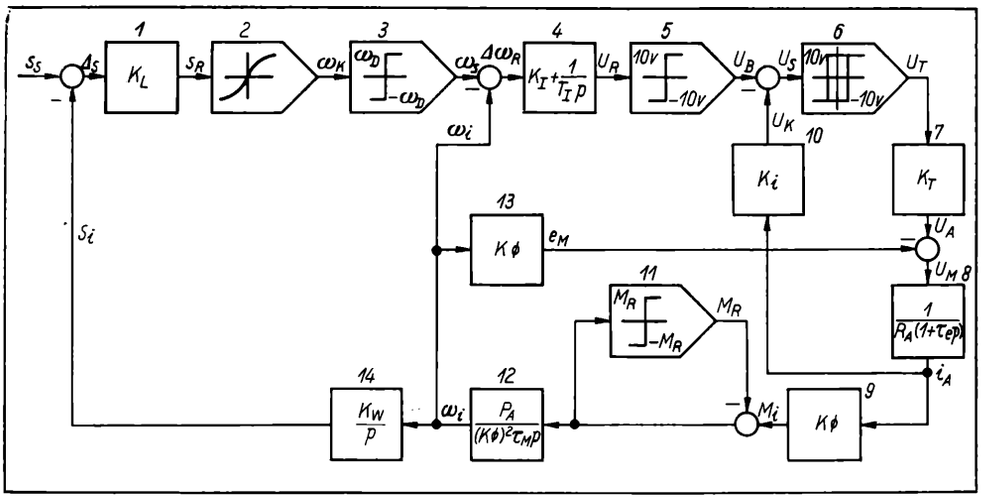


Bild 4. Solldrehzahl als Funktion der Stichkomponente

Bild 5. Signalflußbild des Lageregelkreises

1 Lageregler; *2* Wurzelfunktion; *3* Begrenzung des Drehzahlsollwertes; *4* Drehzahlregler; *5* Spannungsbegrenzung; *6* Zweipunkttrigger; *7* Leistungsverstärker; *8* Gleichstromstellmotor; *9*, *13* Motorkonstante; *11* Reibung; *12* Last; *14* Wegmeßsystem



regelkreises durch Modellierung am Analog- oder Digitalrechner sinnvoll.

2.2. *Modellierung des Lageregelkreises am Analog- und Digitalrechner*

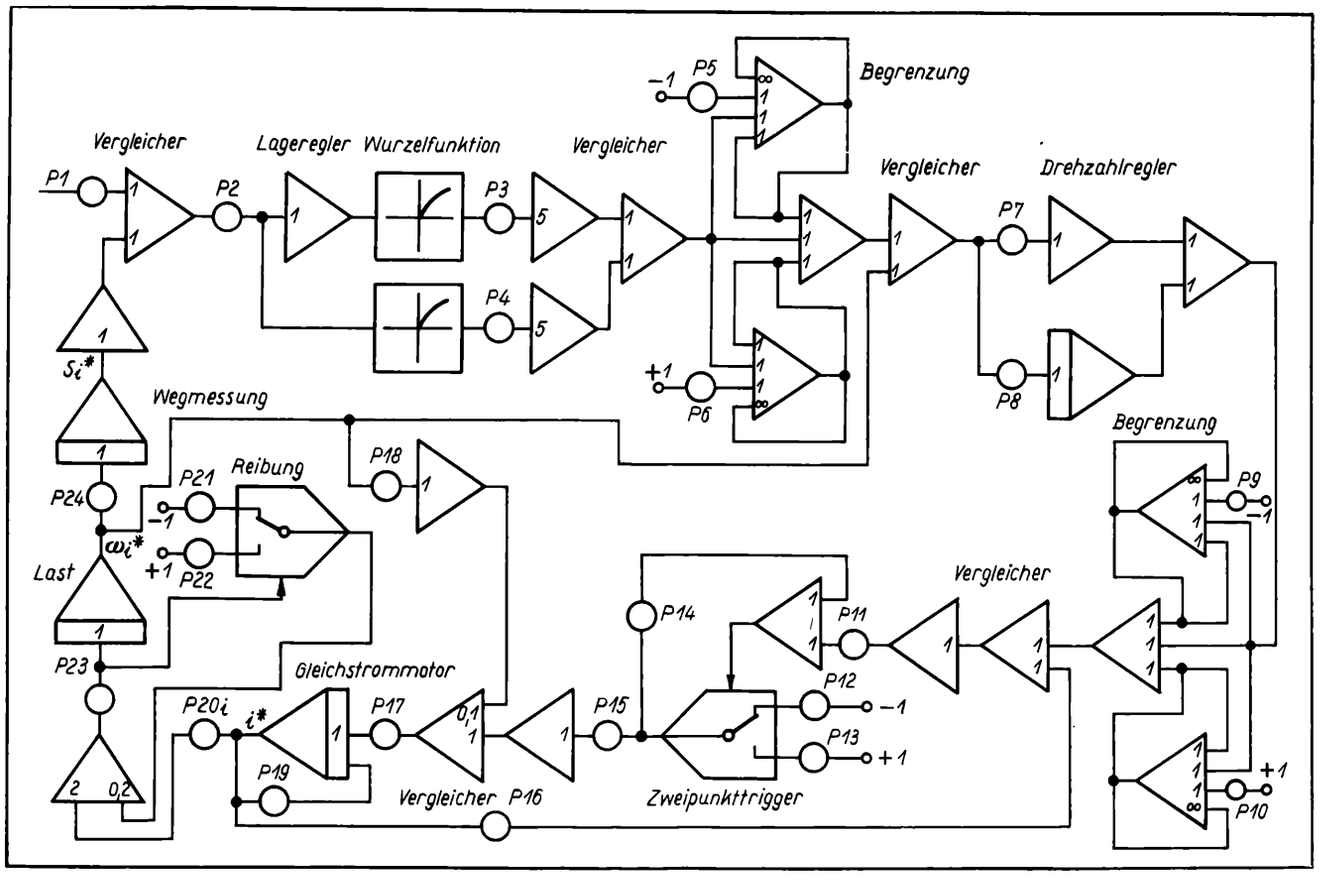
Zuerst wurde die Modellierung des Lageregelkreises am Analogrechner MEDA 42 T durchgeführt. Dabei wurde vorausgesetzt, daß der Motor GSM 35.2 bei Anlauf und Verzögerung mit dem Grenzmoment M_{max} läuft. Dadurch ist es möglich, die kürzeste Positionierzeit des Antriebes und die physikalischen Möglichkeiten des Motors beim Pulsbetrieb zu bestimmen. Bild 6 zeigt das Programmbild der Analogsimulation. Eine genaue Untersuchung des Verhaltens des Lageregelkreises wurde am Digitalrechner ES 1040 durchgeführt. Für die Untersuchung und die Optimierung des dynamischen Verhaltens des Lageregelkreises wurde ein digitales Modell ausgearbeitet. Die Einstellparameter von Lage- und Drehzahlregler wurden mit Hilfe eines direkten Suchverfahrens [9] optimiert. Das Verfahren erzeugt im Laufe der Suche konjugierte Richtungen. Das bedeutet, daß zur Suchschrittbildung nur Zielfunktionswerte und keine Gradienten benutzt werden. Bei der Optimierung wurde als Optimierungskriterium das Integralkriterium (quadratische Regelfläche) verwendet.

Das Blockschema des Simulations- und Optimierungsprogrammes ist im Bild 7 dargestellt.

Im Block 2 wird die Lageregelung mit vom Block 1 vorgegebenen Sollwerten und Reglerparametern simuliert. Bei der Simula-

Bild 6. Programmbild des Lageregelkreises

P1 ... P24 Potentiometer



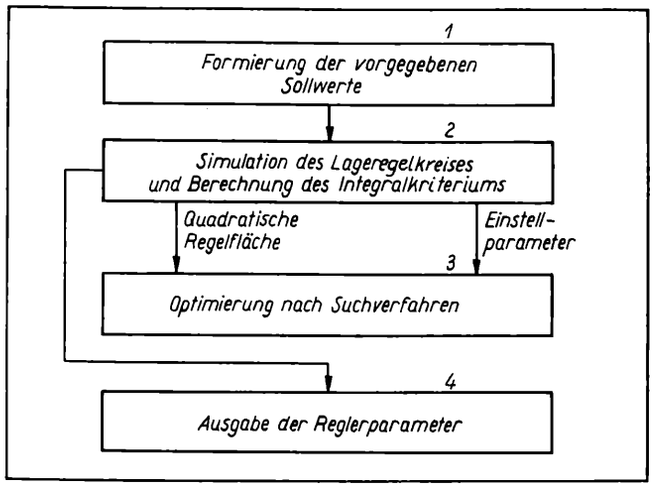


Bild 7. Blockschema des Simulations- und Optimierungsprogrammes

tion wird die quadratische Regelfläche der Abweichungen $\Delta_1(t)$ von der Sollposition für die vorgegebene Zykluszeit berechnet und der Wert des Integralkriteriums an Block 3 übergeben. Die numerische Integration der quadratischen Regelfläche erfolgt dabei nach der Trapezregel. Block 3 realisiert den Vergleich des neuen Integralkriteriums mit dem vorhergehenden Gütewert. Daraus wird die Bestimmung von neuen Reglerparametern nach dem Suchverfahren durchgeführt. Die gefundenen Reglerparameter und der Wert des Integralkriteriums werden vom Rechner ausgedruckt. Die Optimierung wird dann beendet, wenn die minimale Regelfläche bei zulässiger Überschwingweite gefunden ist. Die mit Hilfe der Analog- bzw. Digitalmodellierung ermittelten maximalen Schaltfrequenzen bzw. Nähgeschwindigkeiten sind in der Tafel zusammengestellt.

3. Experimentelle Untersuchungen

Zur genauen Bestimmung der aus thermischen Gesichtspunkten erreichbaren maximalen Nähgeschwindigkeit wurden experimentelle Untersuchungen am lagegeregelten Gleichstromstellantrieb durchgeführt. Dadurch ist es möglich, die ganze Vielfalt der in ihm ablaufenden physikalischen Prozesse zu berücksichtigen. Für die Experimente wurde ein Lageregelkreis mit induktivem phasenzyklischem Meßsystem (Resolver) aufgebaut. Sein Signalflußplan ist im Bild 8 gezeigt. Die Funktionsgruppen sind

- Drehzahlregelkreis (Motor, Tachogenerator, Transistorpulssteller)
- Lageregelkreis (Drehzahlregelkreis, mechanische Baugruppen, Lagemeßsystem, -vergleicher, -regler)
- Sollwertquelle.

Tafel. Ergebnisse von Rechnung, Modellierung und Experiment

	M, Nm	f, Hz	n_D, min^{-1}	Δ, mm
Rechnung	$M_{DA} = 0{,}834$ $M_N = 1{,}02$ $M_E = 1{,}238$	13,1 14,5 15,9	750	–
Analog-Simulation	$M_{max} = 4{,}81$	30	1500	0,1
Digital-Simulation	$M_{max} = 4{,}81$ $M_{DA} = 0{,}834$ $M_N = 1{,}02$	29,37 12,58 15,43	1500 750 750	0,05
Experiment	$M_E = 1{,}238$	16,6	750	0,02

Stichweite $s = 2$ mm und Trägheitsmoment $J = 2{,}8 \cdot 10^{-4}$ kgm² für alle Fälle konstant.

Das Lastträgheitsmoment wurde im Versuchsaufbau durch eine auf der Motorwelle angebrachte Schwungmasse ersetzt. Um eine große Nähgeschwindigkeit zu realisieren, ist eine möglichst hohe Geschwindigkeitsverstärkung im Lageregelkreis einzustellen, da diese (bei dem gewählten Prinzip) u. a. in hohem Maße die Anregelzeiten bestimmt. Dafür ist wiederum ein extrem guter dynamischer Antrieb, d. h. ein Drehzahlregelkreis mit großer Bandbreite erforderlich. Ein Transistorantrieb bietet bei entsprechender Optimierung gute Voraussetzungen. Als günstig erwies sich eine solche Optimierung des Drehzahlregelkreises, die ein Überschwingen der Sprungantwort von etwa 10% erbrachte. Dabei betragen die Hochlauf- und Bremszeit des Motors von 0 auf 1000 min^{-1} und umgekehrt etwa 10 ms. Dieser Drehzahlregelkreis erlaubt es, im Lageregelkreis eine hohe Geschwindigkeitsverstärkung (Bild 9) einzustellen. Damit sind hohe Dynamik und ausreichende Regelgüte im Lageregelkreis erzielbar.

Um die Überschwingweite im gesamten Drehzahlstellbereich konstant zu halten, ist eine drehzahlabhängige Verringerung der Geschwindigkeitsverstärkung erforderlich. Die zu realisierende Abhängigkeit ist für den beschriebenen Antrieb und eine Überschwingweite von 20 µm im Bild 9 gezeigt.

Die technische Realisierung einer solchen Funktion ist möglich durch

- Vorgabe der Geschwindigkeitsverstärkung zusammen mit der Solldrehzahl für jeden Schritt;

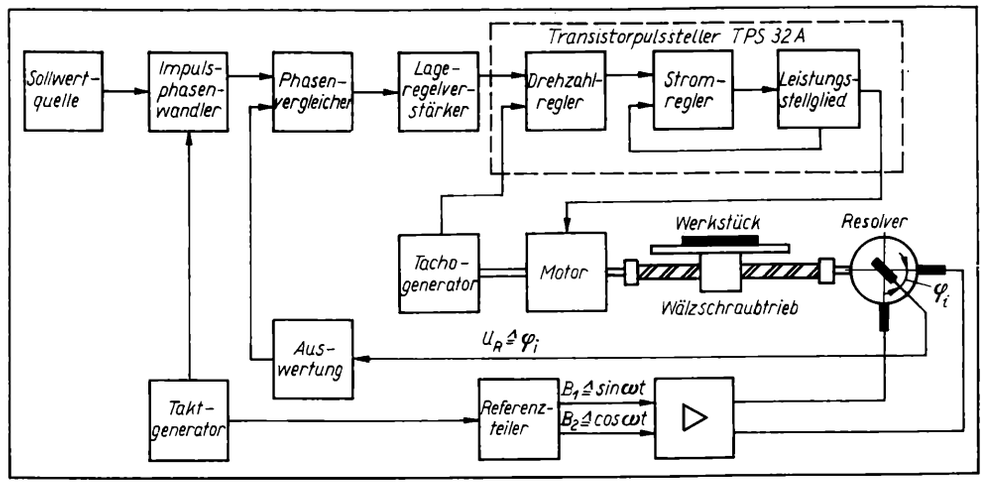


Bild 8. Signalflußplan des lagegeregelten Antriebes

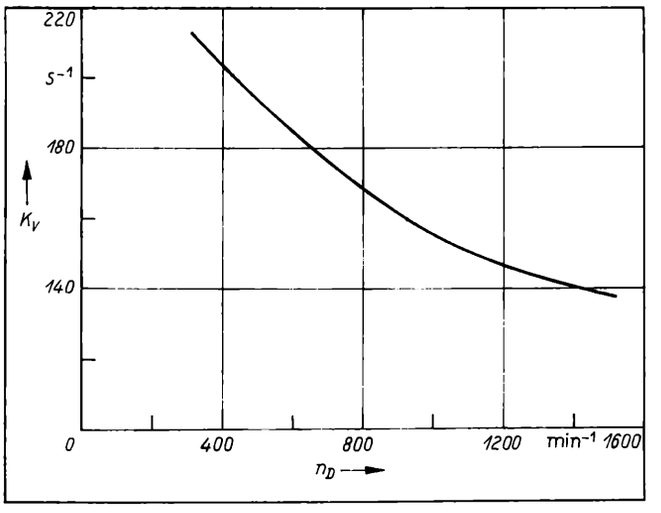


Bild 9. Geschwindigkeitsverstärkung als Funktion der Solldrehzahl bei konstanter Überschwingweite $\Delta = 20\ \mu m$

— eine adaptive Lösung, z. B. kann durch Einbau einer nichtlinearen Kennlinie in den Lageregler der gewünschte Verlauf recht gut und sehr einfach angenähert werden.

Welche Möglichkeit zur Anwendung gelangt, richtet sich nach der Realisierungsform des Lagereglers.

Umfangreiche thermische Untersuchungen wurden zur Bestimmung der maximalen Nähgeschwindigkeit durchgeführt. Daraus ergibt sich für die Stichweite $s = 2$ mm eine maximale Schaltfrequenz von 16,6 Hz, bei der die Kollektortemperatur bei ununterbrochenem Pulsbetrieb in zulässigen Grenzen liegt. Für die weitere Erhöhung der Nähgeschwindigkeit ist es erforderlich, die Voraussetzungen für die Vergrößerung der Wärmeabgabe des Motors zu schaffen. Dafür wird eine Fremdbelüftung des Motors vorgeschlagen. Durch experimentelle Untersuchungen konnte bestätigt werden, daß die Fremdbelüftung erhebliche Verbesserungen zuläßt. Zum Beispiel erhöht sich bei einer Luftmenge von 24 m³/h die maximal mögliche Nähgeschwindigkeit bei $s = 2$ mm um 35% und beträgt 1350 Stiche/min.

4. Vergleich der Ergebnisse von Rechnung, Modellierung und experimentellen Untersuchungen (Tafel)

Der Vergleich der durch Rechnung, Analog-, Digitalmodellierung und Experiment gewonnenen Ergebnisse ergibt eine gute Übereinstimmung. Die Abweichungen betragen — gleiche Bedingungen (M, s, J, n_D) vorausgesetzt — nicht mehr als 5%.

Die Modellierung ist also für die Ermittlung der Nähgeschwindigkeit gut geeignet. Der genaue Verlauf der Übergangsprozesse kann jedoch nur bedingt ermittelt werden. Dabei liefert die Modellierung am Digitalrechner noch genauere Resultate als die Analogmodellierung. Mit dem Versuchsaufbau konnte eine Bestätigung der gewonnenen Ergebnisse erbracht sowie die Zweckmäßigkeit der gewählten Konzeption nachgewiesen werden.

5. Steuerung der Nähautomaten

Für die Realisierung einer Naht ist die Erzeugung einer entsprechenden Sollbahn erforderlich. Diese Bahn muß stichweise in die Komponenten für zwei Achsen zerlegt werden. Sie kann entweder durch eine numerische Bahnsteuerung oder eine Punkt-Streckensteuerung als schnelle Sollpunktfolge generiert werden. Letzteres ist ausreichend, um den für Nähprozesse charakteristischen Pulsbetrieb zu erzielen.

Für die Interpolation scheint sich das DDA-Verfahren zu eignen, dessen Vorteile in der einfachen Realisierbarkeit und in der beim Nähen notwendigen konstanten Tangentialgeschwindigkeit liegen. In [10] wird jedoch gezeigt, daß der Realisierung des DDA-Verfahrens auf einem Mikrorechner infolge der begrenzten Rechengeschwindigkeit sowie bezüglich Auflösung und Bahngeschwindigkeit Grenzen gesetzt sind. Hinzu kommt die durch die diskrete Integration entstehende Aufbiegung der generierten Sollkreisbahn. Höhere Bahngeschwindigkeiten bei größerer Genauigkeit und geringem Rechenaufwand erlaubt ein modifiziertes DDA-Verfahren für konstante Tastzeit [10]. Dabei wird der Kreisbogen durch einen Polygonzug mit möglichst langen Geradenstücken angenähert und die Eckpunkte mit größer und kleiner werdendem Abstand zum Kreismittelpunkt generiert. Die Abstände der Eckpunkte betragen ein Vielfaches der Sollwegänderung je Tastzeit.

Der Einsatz von Mikrorechnern ist mit einem gewissen Trend zur Dezentralisierung der Steuerungen verbunden [11]. Diesem Trend folgend wird die im Bild 10 gezeigte Struktur für die Steuerung von Nähautomaten vorgeschlagen. Dabei werden n Nähautomaten von einem zentralen Rechner (z. B. einem Mikrorechner) gesteuert. Dieser führt Überwachungs- und organisatorische Aufgaben aus. Vom zentralen Rechner werden den im Informationsverarbeitungsteil der Nähautomaten angeordneten Mikrorechnern aufbereitete Arbeitsprogramme überspielt. Die einzelnen Mikrorechner führen die Intervallaufteilung sowie Linearinterpolation, d. h. Sollwerterzeugung für die Lageregelkreise durch. Außerdem arbeiten sie die Booleschen Gleichungen zur Steuerung der Nähautomaten ab und melden die Belegungssituation an den übergeordneten Rechner. Darüber hinaus sind auch andere Steuerungsstrukturen denkbar, z. B. in der Form, daß jeder Mikrorechner mehrere Nähautomaten bedient. Anhand bedienungstheoretischer Betrachtungen kann gezeigt werden, daß an einen Mikrorechner vom Typ K 1520 bis zu acht Nähautomaten angeschlossen werden können. Das setzt allerdings eine veränderte Arbeitsaufteilung zwischen den Rechnern voraus. In diesem Fall werden vor Arbeitsbeginn für alle Stiche der Naht die Solldrehzahlen und Stichkomponenten errechnet und abgespeichert. Während des Nähens hat der Rechner dann außer der Kommunikation mit dem übergeordneten Rechner und der Abarbeitung Boolescher Gleichungen lediglich Programmunterbrechungs- und Ausgabeoperationen auszuführen.

Die praktische Realisierung wird in entscheidendem Maße von den jeweiligen konkreten Einsatzbedingungen bestimmt.

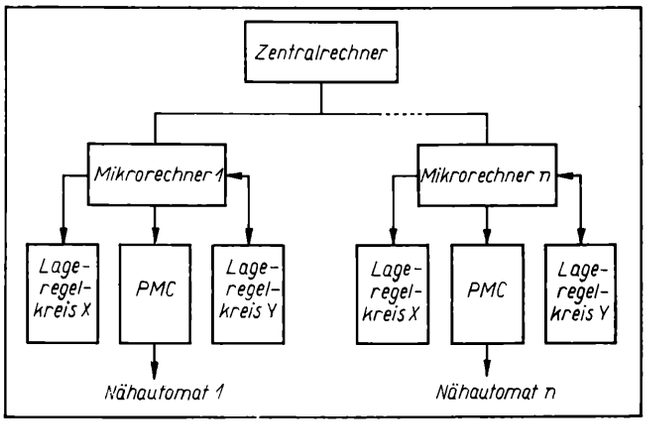


Bild 10. Hierarchische Steuerungsstruktur
PMC — programmierbare Maschinensteuerung

Zusammenfassung

Es wird die Realisierung des Nähguttransportes für die Erzeugung ebener Nähte untersucht. Dafür wird die Verwendung eines Kreuzschiebetisches, von Kugelschraubtrieben und drehzahlgeregelten Gleichstromstellantrieben mit überlagertem Lageregelkreis vorgeschlagen.
Die rechnerische Dimensionierung des Antriebes ermöglicht die Ermittlung der erreichbaren Nähgeschwindigkeit unter Berücksichtigung des auftretenden Effektivmomentes.
Die Modellierung eines lagegeregelten Antriebes am Analog- bzw. Digitalrechner brachte gute Übereinstimmung bezüglich erreichbarer Nähgeschwindigkeit mit den umfangreichen experimentellen Untersuchungen. Damit ist die Bestätigung der durch Rechnung bzw. Modellierung durchgeführten Dimensionierung des Antriebes erbracht worden. Die maximale Nähgeschwindigkeit beträgt 1000 Stiche/min bei einer Stichweite $s = 2$ mm. Bei Fremdbelüftung des Motors erhöht sich die Nähgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Luftmenge beträchtlich (z. B. bei 24 m³/h auf 1350 Stiche/min).
Die erarbeitete Antriebslösung ist für die Automatisierung von Nähprozessen in der Schuhindustrie geeignet. Damit können praktisch beliebige Stichmuster mit Stichen variabler Länge erzeugt werden. Darüber hinaus ist diese Lösung auch für andere Anwendungsfälle, die eine schnelle und z. T. genaue Realisierung von Zustellbewegungen mit möglichst hoher Wiederholfrequenz erfordern, z. B. die Vorschubbewegungen an Leiterplattenbohrmaschinen, von Interesse. Für die Steuerung von Nähautomaten erscheint die Anwendung einer hierarchischen Struktur sinnvoll. In diesem Fall können bei Einsatz des Mikrorechners K 1520 bis zu acht Nähautomaten von einem Rechner gesteuert werden. Die zu wählende Struktur hängt allerdings in entscheidendem Maße von den konkreten Realisierungsbedingungen ab. Um diese Lösungsvariante zur Anwendungsreife zu führen, sind weitere Arbeiten erforderlich, die sich insbesondere mit der Gestaltung der Steuerung für Nähautomaten befassen.

Verwendete Bezeichnungen

t	— Zeit in s
t_z	— Zykluszeit in s
n_D	— Solldrehzahl in min^{-1}
s	— Stichweite bzw. Verfahrweg in mm
s_i	— Istweg in mm
s_s	— Wegsollwert in mm
s_k	— Stichkomponente in mm
h	— Spindelsteigung in mm
f	— Schaltfrequenz in Hz
J	— Gesamtträgheitsmoment in kgm^2
M_i	— in der Zeit t_i vom Motor aufzubringendes Drehmoment in Nm
M_R	— Reibmoment in Nm
M_{DA}	— Dauermoment des Motors in Nm
M_E	— Effektivmoment in Nm
M_N	— Nennmoment in Nm
M_B	— Beschleunigungs- bzw. Bremsmoment in Nm
M_{max}	— Übertragungskoeffizient des Kugelschraubtriebes in $mm \cdot rad^{-1}$
ω_i	— Istwert der Winkelgeschwindigkeit in $rad \cdot s^{-1}$

Literatur

[1] *Brunkhorst, L.:* Computer-gesteuerte Stepperei in der Schuhindustrie. Schuh: Technik + ABC (1977) H. 8, S. 633.
[2] *Korobkow, W.:* Beitrag zur Automatisierung der Nähprozesse in der Schuhindustrie. Dissertation, TH Karl-Marx-Stadt 1980.
[3] *Korobkow, W.:* Untersuchung eines Gleichstromstellantriebes mit hoher Dynamik. Maschinenbautechnik **29** (1980) H. 12, S. 539–542.
[4] Technische Information Gleichstromstellantriebe. IfW Karl-Marx-Stadt, Fachabteilung Elektrische Antriebe.
[5] *Wolters, P.:* Auslegung stetiger Vorschubantriebe für Werkzeugmaschinen. Regelungstechnik **26** (1978) H. 11, S. 363–369.
[6] *Schmid, D.:* Die numerische Bahnsteuerung – Beitrag zur Informationsverarbeitung und Lageregelung. Westberlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1972.
[7] *Schulze, M.:* Transistor-Gleichstromsteller für reaktionsschnelle Antriebe kleiner Leistung. Elektrie **28** (1974) H. 7, S. 368–370.
[8] *Klinger, K.:* Unveröffentlichter Versuchsbericht über Gleichstrom-Stellmotoren. TH Karl-Marx-Stadt, Sektion Automatisierungstechnik.
[9] *Zangwill, W. J.:* Minimizing a function without Calculating Derivatives. Computer J. **10** (1967) pp. 293–296.
[10] *Schleicher, S.:* Zirkulare Bahnsollwertgenerierung mit Hilfe diskreter Integrationsverfahren in der Mikrorechner-NC. msr **22** (1979) H. 10, S. 579–582.
[11] *Isermann, R.:* Digitale Regelsysteme. Westberlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1977.

msr 7472

Das erste in der VR Bulgarien entwickelte Bildschirmterminal IZOT-7925 wurde in der Abteilung ESTEL des Werkes für Speichergeräte in Veliko Turnovo in Produktion genommen. Es stellt eine neue Komponente des ESTEL-2-Systems für Fernbedienung dar und ersetzt importierte Geräte. Es wird nach einer neuen Technologie unter Anwendung eines Mikroprozessorsystems und Mehrschichtplatten hergestellt. Das garantiert eine hohe Zuverlässigkeit.
Das Gerät enthält eine interne Steuerung, die die eigene Funktion überwacht und Fehler zur Anzeige bringt.

Dr. phil. *G. Hofmann*, Jena[1])

Besonderheiten der deutschen Terminologie der Rechentechnik

IA 6.5.

0. Einleitung

In zunehmendem Maße werden meßtechnische Probleme mit Hilfe der Rechentechnik (RT) schneller, besser, ökonomischer gelöst. Die RT — und damit auch ihre Terminologie (RTT) — wird immer stärker in die Meßtechnik integriert. Die Meßtechnik wiederum findet in allen Bereichen der Volkswirtschaft Anwendung, da sie Grundbedingung für die Qualitätssicherung in der Produktion ist. Nur Produkte mit einer Qualität, die dem Weltniveau entspricht, bringen der Volkswirtschaft hohen ökonomischen Nutzen. Um diese Qualität zu erreichen, müssen die Meßmethoden verbessert werden. Diese Verbesserung — und hier schließt sich wieder der Kreis — soll durch ein qualitativ neues meßtechnisches Hilfsmittel, die Rechentechnik, erreicht werden.

In allen Ländern der Welt erscheint eine Flut von Büchern zur Applikation der Rechentechnik auf verschiedensten Wissenschafts- und Volkswirtschaftsgebieten. Unter anderem werden darin unterschiedlichste meßtechnikorientierte Lösungen angeboten.

1981 erschien das Buch „Taschenrechner + Mikrocomputer" [1]. Die folgende Untersuchung soll auf Besonderheiten sprachlicher Art aufmerksam machen, die dem meßtechnisch orientierten Sprachwissenschaftler beim Lesen des Buches auffielen. Sie dürften auch dem Meßtechniker von Interesse sein, da sie für die gesamte Rechentechnikliteratur typisch sind. Alle untersuchten Termini wurden [1] entnommen.

1. Die Rechentechnik und ihre Verbindungen zu anderen Wissenschafts- und Wirtschaftszweigen

Beim Nachschlagen in [2] ist die erstaunliche Tatsache festzustellen, daß der Begriff „Rechentechnik" nicht aufgeführt ist. Allerdings sind unter dem Stichwort „Rechenmaschinen" Termini, wie Programmiersprache, Rechnerfamilie, Analog- und Digitalrechner zu finden.

Ein elektronischer Rechenautomat von Soemtron ist, aus heutiger Sicht, ein Museumsobjekt.

Rechengeräte gibt es nicht erst seit kurzem. Bereits 1623 erfand *Schickard* die erste Rechenmaschine. *Pascal* und *Leibniz* ließen andere Varianten folgen. Schon im 19. Jahrhundert entwickelte *Babbage* die Idee zum Bau eines Rechenautomaten. Aber erst 1938 wurde der erste elektronische Rechner von *Zuse* gebaut, der allerdings sicherlich nicht mit den elektronischen Rechnern unserer Zeit vergleichbar ist [2].

Mit dem Bau der elektronischen Rechner kann von einem Durchbruch der RT und damit von einem Gebrauch des Terminus „Rechentechnik" gesprochen werden. Während frühere Rechner noch große Volumina und Energien in Anspruch nahmen, kann heute ein mikroelektronischer Rechner dieser Leistungsfähigkeit in der Jackettasche getragen werden. Die Mobilität der Rechner eröffnete ihnen völlig neue Anwendungsbereiche. Datenspeicherung und -verarbeitung sind nicht mehr nur in Rechenzentren möglich, sondern gleichermaßen am Schreibtisch, an der Werkbank und in der Kaufhalle.

Taschenrechner werden heute von Käufern benutzt, ohne daß diese unbedingt etwas über den Aufbau der Geräte wissen müssen. Wissenschaftler und Techniker hingegen, die einen Rechner zur Lösung spezieller Probleme verwenden wollen, müssen sich mit seiner Konstruktion und Arbeitsweise vertraut machen, obwohl sie keine Rechentechniker sind. Nur unter dieser Bedingung werden sie in der Lage sein, einen Rechner optimal zu nutzen und auch auszunutzen, denn sein Anschaffungspreis ist in keinem Fall gering.

Wie muß also ein Buch terminologisch aussehen, das für Rechen- und Nichtrechentechniker zum Thema Rechentechnik und deren Applikation geschrieben ist? Es muß trotz des breiten Leserkreises ein Fachbuch ohne populärwissenschaftlichen Einschlag sein. Es muß die verwendeten Termini definieren. Auffallend bei [1] ist, daß in diesem Buch in einem Maß definiert wird, das für „gewachsene", althergebrachte Wissenschaftsdisziplinen ungebräuchlich ist. Diese Tatsache trifft jedoch auch auf andere Bücher zum Thema Rechentechnik zu. Ohne umfangreiche Definitionen kommt zum Beispiel auch [3] nicht aus, das im Rahmen des Weiterbildungsprogramms der KDT als rechnergestütztes Meßtechnik-Trainingsprogramm verfaßt wurde.

2. Terminus-Entlehnungen aus dem Englischen in der deutschen Rechentechnikterminologie

Terminus-Entlehnungen werden in eine Sprache aufgenommen, wenn die muttersprachigen Termini weniger sprachökonomisch bzw. auffallend schlechter morphologisch oder semantisch motiviert sind. Sie werden auch in eine Sprache aufgenommen und verbleiben in ihr, wenn sich das Wissenschaftsgebiet so schnell entwickelt, wenn so viele neue Geräte, Geräteteile, Erscheinungen mit neu zu bildenden Termini benannt werden müssen, daß sich die Wissenschaftler nicht die Zeit nehmen, muttersprachige Äquivalente zu bilden.

Daß in der deutschsprachigen RT-Literatur überdurchschnittlich viele englische Termini nachzuweisen sind, hat mehrere Ursachen. Das Englische ist in der Welt zu der Sprache geworden, in der Vorträge gehalten und gehört, Bücher, Artikel und Firmenschriften geschrieben und gelesen werden, Geräte beschriftet werden. Wer englisch schreibt, spricht, liest, wirbt, hat wissenschaftliche und ökonomische Vorteile. Deshalb sind in allen Terminologien Entlehnungen aus dem Englischen zu beobachten [4] bis [6]. Der Anteil der englischen Terminologie in der RT ist durch diese Ursachen jedoch nur teilweise begründet. Von großer Bedeutung ist auch der anfängliche Marktvorsprung der amerikanischen Rechentechnik. Wissenschaftliche und industrielle Grundlagen und vor allem die weltweiten Applikationsbedingungen der RT wurden im englischen Sprachraum geschaffen. Wer ökonomisch und wissenschaftlich mithalten wollte, mußte sich mit der englischsprachigen RT-Literatur vertraut machen. Da die Wissenschaftler aller Länder Englisch als Kommunikationsmittel beherrschen müssen, aber auch die Wissenschaftler des eigenen Sprachraumes über die englische Sprache kommunikativ erreichbar sind, führten sowohl Zeitmangel als auch Sprachbequemlichkeit zu den erwähnten Disproportionen zwischen englischen und deutschen Termini innerhalb einer Terminologie [7]. Ein weiterer Fakt für die Entlehnung englischer Termini ist die Äquivalenz zwischen (QS) Quellen- und (ZS) Zielsprachen-Terminus, d. h. die Äquivalenz zwischen englischem und entlehntem Terminus. Diese Äquivalenz ist nur eine Scheinäquivalenz, denn der QS-Terminus ist semantisch und teils oder ganz auch phonetisch dem ZS-Termi-

[1]) Mitteilung aus der Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Fremdsprachen.

nus gleich. Es existiert in Wirklichkeit nur ein Terminus in zwei oder mehreren Sprachen. Streitigkeiten, die semantische Äquivalenz betreffend, entfallen somit. International ist dieser Terminus mit seinem im Englischen festgelegten Definitionsinhalt akzeptiert.

Es kann bei den englischen RT-Termini, die in die ZS Eingang gefunden haben, von Internationalismen gesprochen werden. Die Grenze zwischen Entlehnungen und Internationalismen zu ziehen, ist nicht leicht. Entlehnungen sind Wörter und Termini, die von einer QS in eine ZS übernommen und dort sprachlich assimiliert werden. Als Internationalismen sollte man QS-Termini bezeichnen, die nicht nur in eine ZS, sondern in mehrere Eingang gefunden haben. Die phonetische Assimilation kann, muß jedoch nicht erfolgen [10]. Syntaktisch werden sowohl Lehnwörter als auch Internationalismen dem ZS-Sprachsystem angeglichen. Sie werden zum Beispiel gemäß den grammatischen Regeln der ZS konjugiert und dekliniert.

Schnell gute muttersprachige Äquivalente für einen QS-Terminus zu finden, ist nicht leicht. Es ist sogar viel schwerer als man gemeinhin annimmt, denn jeder akzeptable Terminus muß morphologisch-semantisch so motiviert sein, daß er vom Sprachbenutzer akzeptiert wird. Wenn nun ein QS-Benutzer für seine Terminologie die Wortbildungsarbeit schon geleistet hat, warum dies in der ZS noch einmal tun?

Die Internationalität der Terminologien wird allerorts gefordert [8] und [9]. Hier ist sie in überdurchschnittlichem Maße verwirklicht. Inwieweit die Adaption in der Muttersprache gesichert ist, interessiert nicht. Die Praxis hat allerdings bewiesen, daß kommunikative, wissenschaftliche und ökonomische Notwendigkeiten die entlehnten Termini in das jeweilige Sprachsystem hineinpressen, wo sie aktiv weiterverwendet werden.

Vokabellernen wird immer mehr gefragt sein — allerdings nur beim Vorhandensein muttersprachiger Äquivalente des englischen Terminus. Der englische Terminus, der ohne deutsches Äquivalent existiert, macht das Erlernen und Abspeichern eines fremdsprachigen Terminus notwendig, der durch Entlehnung zugleich muttersprachiger Terminus wurde.

Neben dem Vorteil der absoluten internationalen Monosemiertheit des Terminus spielt also auch die geringere Belastung des Gedächtnisses eine Rolle beim Entlehnungsvorgang, wenngleich diese Tatsache nie im Vordergrund steht.

All diese Erwägungen, dies sei betont, stehen zurück hinter der wichtigsten Ursache für die Terminusentlehnungen in der deutschen RTT: die angespannte Wettbewerbssituation in Wissenschaft, Technik und Wirtschaft, aus der Mikroelektronik und Rechentechnik heraus helfen sollen.

2.1. Englische Terminusentlehnungen ohne deutsche Äquivalente

In der RT gibt es eine Reihe von Terminusentlehnungen, die kein deutsches Äquivalent aufweisen. In diesem Fall wird von Nulläquivalenz in der ZS gesprochen. Die Termini können ein- oder mehrstellig (einstellig: Wort, mehrstellig: Kompositum) sein. In jedem Fall werden sie in ihrer Schreibweise unverändert übernommen. Nur der Anfangsbuchstabe wird groß geschrieben, z. B.:

Output-Listing, Prompter, Label, Statement, Floppy-Disk, Debugging, Hardware, Software, Firmware, Compiler, Assembler, Mini-Floppy, Plotter.

Ein Terminus, z. B. plot, wird durch Suffix-„er" abgeleitet und kann dann mit anderen entlehnten Termini ein Kompositum bilden (Plotter-Hardware, Plotter-Software). Er kann präfigiert werden (Superplotter). Er kann durch ein Adjektiv näher bestimmt werden (multipler Plotter) (s. Tafel).

Wortfamilien, die auf die beschriebene Art entstehen, nämlich mit Hilfe eines Grundworts + Ableitungsmorphem bzw. hinzutretendes Bestimmungswort, sind häufig unter den Entlehnungen und Internationalismen zu beobachten. Da sie auch in anderen ZS-Terminologien benutzt werden, sind sie den ZS-äquivalentlosen Termini zuzurechnen.

Der Terminus Floppy-Disk nimmt insofern eine Zwischenstellung ein, als der englische Terminus disc der deutschen Schreibweise angeglichen wurde und mit k geschrieben wird. Da besonders das amerikanische Englisch metaphorische Termini in seine Terminologien aufnimmt, entstehen Begriffe, wie debugging, das jedoch kein deutsches Äquivalent findet, da die deutsche Wissenschaftssprache die Bildung dieser Art von kraß versinnbildlichenden Termini meidet.

Auch der deutsche Terminus Menü muß den Metaphern zugerechnet werden, da er nichts mit Speisekarte zu tun hat, sondern RT-Angebotstafeln benennt. Ebenso ist Handshake eine Entlehnung metaphorischen Typs. Was aber ist Firmware? Es ist die Information, die der Betrieb zu dem verkauften Produkt liefert, nicht aber eine besonders feste, solide Ware.

2.2. Englische Terminusentlehnungen mit deutschem Äquivalent

Viele englische Termini haben deutsche Entsprechungen. Sowohl QS- als auch ZS-Terminus werden von den ZS-Sprachbenutzern gleichberechtigt benutzt und sind somit als ZS-Synonyme anzusehen [12] und [13].

Flipflop, Trigger	Kippstufe
Interpreter	Interpretierer
Talker	Sprecher
Listener	Hörer
Timer	Zeitgeber
Interrupt	Programmunterbrechung
Timesharing	Teilnehmerbetrieb
Cursor	Positionsanzeiger
Second Source	Zweithersteller
Password	Paßwort, Kodewort

Tafel. Wortbildungsmuster von „plotter" in der deutschen Rechentechnikterminologie

to plot: Konversion (→ Plot) → Suffigierung (→ Plotter) → Kompositum (→ Plot-Programm)

(Verb)	(Substantiv)		
Kompositum	**Kompositum**	**präfigierter Terminus**	**Wortgruppe**
1. Plotter = BW englischer Terminus = GW Plotter-Hardware Plotter-Software	1. Plotter = GW deutscher Terminus = BW Trommelplotter Tischplotter	Plotter = GW super = Präfix Superplotter	Plotter = GW multiple = Adjektiv (Internationalismus) multipler Plotter
2. Plotter = BW deutscher Terminus = GW Plotter-Symbol Plotterfunktion			
3. Abkürzung = BW Plotter = BW deutscher bzw. entlehnter Terminus = GW TI-Plotter-Routine			

Auch hier wird zum Teil die Schreibweise der deutschen angeglichen (flip-flop — Flipflop) [14].
Das Englische bildet gern gemeinsprachliche Lautbilder (auch Reduplikativa genannt) wie flip-flop, die im Deutschen zur Benennung desselben Gegenstandes oder Vorgangs nicht verwendet werden. Es kann bei beiden Wörtern oder Silben der gleiche Vokal auftreten (z. B. bei sing-sing), oder der Vokal ändert sich durch Ablaut (flip-flop). Das Verb flip-flop hat die Bedeutung „flattern" und wird auf das Jahr 1529 zurückdatiert [15] und [16]. Die Übernahme in die RT erfolgte durch Konversion, wobei ein Terminus in eine andere Wortart übertritt. Hier wird das Verb zum Substantiv. Außerdem erfolgt eine Bedeutungsänderung bzw. -erweiterung. Ein Monoflop ist eine Variante des Flipflop, nämlich ein monostabiler Multivibrator.
Für source handshake wird als Äquivalent Sender-Handshake angegeben. Gegenüber Handshake ist der Terminus Quittierung allerdings zu bevorzugen. Daß das gesamte Kompositum source handshake nicht übersetzt wurde, sondern nur der allgemein bekannte Terminus source, mag eine Ursache in der Unkenntnis des Terminus Quittierung haben.
Auch Password mit seinen ZS-Termini Paßwort und Kodewort sollte im Deutschen besser das Äquivalent Parole bzw. das bereits genannte Äquivalent Kodewort haben.

2.3. *Komposita mit einem entlehnten englischen Terminus als Grundwort (GW) bzw. Bestimmungswort (BW)*

Mit Hilfe entlehnter englischer Termini bildet der deutsche Rechentechniker zwei Kompositavarianten, sogenannte Hybridformen

1. deutscher Terminus (BW) + englischer Terminus (GW)
2. englischer Terminus (BW) + deutscher Terminus (GW)

Variante 1 wird durch die folgenden Beispiele repräsentiert:

Trommelplotter, Tischplotter, Treiber-Software, Programm-Listing, Programmadreßlabel

Variante 2 zeigt folgende Beispiele:

Strobe-Signal, Alignment-Marke, Codekombination, Interruptstruktur, Shift-Operation, General-Purpose-Rechner, Interrupt-Unterprogramm, Portadresse, Timing-Funktion, Sandwich-Struktur, 32-bit-Mikroprozessor, Talker-Zweidraht-Handshake-Signal, SOS-Technik.

Wie bei der Variante 1 fällt zunächst die unterschiedliche Getrenntschreibung auf. Ist das BW einsilbig, liegt stets Zusammenschreibung vor. Bei zweisilbigen BW wird meist, aber nicht grundsätzlich, die Getrenntschreibung bevorzugt. Es können auch Termini mit mehr als zwei Stellen auftreten, oder anstelle mehrerer Termini steht eine Kurzform, wie MOSFET (Metal-Oxyd-Semiconductor + Feldeffekttransistor). Der erste Teil des Kurzwortes wird durch ein englisches Kompositum gebildet, wobei die Schreibung Oxyd im Englischen nicht gebracht wird. Oxyd ist im Englischen oxide. Also liegt hier eine unfreiwillige Vermischung von deutscher und englischer Orthographie vor.
Grundlage des zweiten Teils der Kurzform bildet in [1] ein dreistelliger deutscher Terminus. Die Vollform von FET ist jedoch in Wirklichkeit das englische Kompositum field-effect transistor, das aufgrund seines hohen Anteils an internationalen Wortbildungselementen und der nahezu vollständigen morphologisch-phonetischen Identität von field und Feld eine Übereinstimmung mit der ZS-Kurzform aufweist.

2.4. *Deutsche Termini und ihre englischen Äquivalente*

Immer dann, wenn zur Benennung eines Gerätes oder Verfahrens ein deutscher und ein englischer Terminus existieren und die Autoren sich nicht im klaren sind, welcher von beiden bekannt ist oder bevorzugt wird, stehen neben dem deutschen Terminus in Klammern die englischen Äquivalente oder umgekehrt, oder wir sehen sowohl einen synonymen QS- als auch einen ZS-Terminus oder eine Kurzform in Klammern [1]:

1. Polarität des Eingangssignals (Polarity)
   Meßbereichsüberschreitung (Over Range)
   Datenerfassungsgerät (Controller, Rechner)
   Einplatinencomputer (Single Board Computer, SBC)
2. Repeat-until (Abfrage am Schluß)
   While-Schleife (Abfrage am Anfang)

Die englischen Termini für Datenerfassungsgerät [1] müssen als nichtäquivalent angesehen werden. Ein Controller ist ein Regler, ein Rechner ist ein Computer. Ein Datenerfassungsgerät jedoch ist ein data-acquisition system.

2.5. *Kurzformen englischer Entlehnungen*

Beim Durchblättern eines jeden RT-Buches fällt auf den ersten Blick die Vielzahl der verwendeten Kurzformen von Entlehnungen aus dem Englischen auf. Sie stehen für überlange Termini, d. h. für mehrstellige Komposita oder Wortgruppen, und sind als synonym zu diesen anzusehen [17]. Oftmals werden in QS und ZS diese Kurzformen benutzt, ohne die einzelnen lexikalischen Komponenten der Vollform zu kennen. Dies bedeutet jedoch nicht, daß der semantische Inhalt der Kurzform unbekannt wäre. Je öfter die Kurzform gebraucht wird, desto bekannter wird sie. Noch stehen in der RT und auch in dem besprochenen Buch die Vollformen hinter den Kurzformen, um eine eindeutige wissenschaftliche Kommunikation zu gewährleisten. Ob dies späterhin noch nötig sein wird, bleibt offen.
Die Gruppe 1 der in der RT verwendeten Kurzformen enthält Initialwörter, die buchstabiert gesprochen werden. Das heißt, es ist kein Vokal in der Kurzform enthalten, der ein Sprechen „als Wort" ermöglichen würde.
Bei Gruppe 2 der Initialwörter werden die einzelnen Buchstaben der Kurzform phonetisch zusammengezogen, also wie ein Wort gesprochen. Dies ist der Fall, wenn ein Vokal in der Mitte des Initialwortes steht. In diesem Fall werden die Initialwörter als Akronyme bezeichnet. Stets entstehen Initialwörter durch Entnahme des jeweiligen ersten Buchstabens der einzelnen Glieder des Kompositums oder der Wortgruppe [18] bis [22].
SOS bildet eine Ausnahme bezüglich seiner Aussprache. Aufgrund seiner Homonymie wurde die Aussprache des Seenotrufs übernommen, d. h. die Sprechung der einzelnen Buchstaben. Die Wortkürzung für „Save our souls" wurde in einer Zeit gebildet, da Wortkürzungen noch nicht in diesem Maße auftraten wie heute. Möglicherweise wurden sie deshalb nicht als Wort gesprochen.
I^2 steht für zwei I-Vokale, die jeder einzeln gesprochen werden.
Gruppe 3 stellt eine Kombination von Gruppe 1 und Gruppe 2 dar, die ersten zwei Buchstaben sind Konsonanten, wobei der erste Konsonant alleinstehend, der zweite hingegen dem Akronym PIB bzw. MOS zugehörig ist. Die phonetische Umsetzung der Kurzformen folgt sowohl dem deutschen als auch dem englischen Alphabet.

Gruppe 1

SOS-Technik	Silicon-on-Sapphire-Technik
CPU	Central Processing Unit
LSI	Large-Scale-Integration
VLSI	Very-Large-Scale-Integration
SSI	Small-Scale Integration
DCTL	Direct-Coupled Transistor Logic
SBC	Single Board Computer
I^2L	Integrated Injection Logic

Gruppe 2

MOS	Metal-Oxide-Semiconductor
ROM	Read Only Memory
PROM	Programmable Read Only Memory
EPROM	Erasable PROM
RAM	Random Access Memory
ALU	Arithmetic Logic Unit
APU	Arithmetic Processing Unit
PIA	Periphal Interface Adapter

Gruppe 3

GPIB	General-Purpose Interface Bus
CMOS	Complementary MOS

Nicht ein Kurzwort, sondern eine Kontamination, eine Zusammenziehung von zwei Termini zu einem, liegt vor bei dem Terminus Transceiver: Kunstwort aus Transmitter (Sender) und Receiver (Empfänger). Damit werden also die Bausteine bezeichnet, die zum Empfangen und Senden von Informationen geeignet sind [1].

Literatur

[1] *Schumny, H.* (Herausgeber): Taschenrechner + Mikrocomputer. Jahrbuch 1981. Braunschweig/Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn 1981.

[2] Meyers Neues Lexikon, Bd. 11. Leipzig: VEB Bibliographisches Institut 1975.

[3] *Hofmann, D.*, u. a.: Rechnergestützte Prüftechnik. Programmpaket. Internes Lehrmaterial der Kammer der Technik. Jena: Kammer der Technik und Friedrich-Schiller-Universität 1981.

[4] Siemens Meßtechnikinformation 7/1979: Frontplattenbeschriftung — warum nicht deutsch?

[5] *Danilenko, W. P.:* Russkaja terminologija (Russische Terminologie). Moskva Izd. „Nauka" 1977.

[6] *Dungworth, D.:* The future of English as a world language. Lebende Sprachen **XXIII** (1978) H. 1, S. 1–3.

[7] *Scheler, M.:* Der engliche Wortschatz. Westberlin: Erich Schmidt Verlag 1977.

[8] *Tauli, V.:* Vocabulary Planning. babel XVI (1970) No. 1, pp. 21–24.

[9] *Stoberski, Z.:* Grounds for Establishing Terminology Centres. babel **XXII** (1976) No. 1, pp. 33–35.

[10] *Iskos, A.; Lenkova, A.:* Deutsche Lexikologie. Leningrad: Izd. „prosveščenie" leningradskoe otdelenie 1970.

[11] The Concise Oxford Dictionary. Oxford: At the Clarendon Press 1964.

[12] *Krysin, L. P.:* Inojazyčnye slova v sovremennom russkom jazyke (Fremdwörter in der russischen Gegenwartssprache). Moskva: Izd. „Nauka" 1968.

[13] *Krysin, L. P.:* K opredeleniju terminov „zaimstvovanie" i „zaimstvovannoe slovo" (Zur Bestimmung der Termini „Entlehnung" und „entlehntes Wort"). In: Razvitie leksiki sovremennogo russkogo jazyka (Die Entwicklung der gegenwärtigen russischen Lexik) Moskva: Izd. „Nauka" 1965.

[14] *Leisi, E.:* Praxis der englischen Semantik. Heidelberg: Carl Winter Universitätsverlag 1973.

[15] *Koziol, H.:* Handbuch der englischen Wortbildungslehre. Heidelberg: Carl Winter Universitätsverlag 1972.

[16] *Trübner, G.:* Reduplicative words im Englischen. Fremdsprachen **24** (1980) H. 3, S. 178–190.

[17] *Lotte, D. S.:* Kak rabotat' na terminologii. Osnovy i metody (Wie man terminologisch arbeiten soll. Grundlagen und Methoden). Moskva: Izd. „Nauka" 1968.

[18] *Tietze, G. O. A.:* Einführung in die Wortbildung des heutigen Englisch. Tübingen: Max Niemeyer Verlag 1977.

[19] *Fluck, H.-R.:* Fachsprachen. München: Francke Verlag 1976.

[20] *Hofrichter, W.:* Zu Problemen der Abkürzung in der deutschen Gegenwartssprache. Linguistische Studien, Reihe A, Nr. 44.

[21] *Mannhardt, K.-H.:* Besondere Schwierigkeiten bei der Übersetzung kerntechnischer Texte. Lebende Sprachen **XXV** (1980) H. 3, S. 101–104.

[22] *Fleischer, W.:* Wortbildung der deutschen Gegenwartssprache. Leipzig: VEB Bibliographisches Institut 1976.

[23] *Reinhardt, W.* (Herausgeber); Deutsche Fachsprache der Technik. Leipzig: VEB Verlag Enzyklopädie 1975.

msr 7542

Neuerscheinungen

VEM-Handbuch Elektroenergieanlagen

Anlagentechnik

Herausgegeben vom Institut für Elektro-Anlagen, Berlin.
448 Seiten, 262 Bilder, 103 Tafeln, Kunstleder, 40,— M, Ausland 52,— M.
Bestellangaben: 5527180/VEM Handb. Anlagentechnik.

In anwendungsbereiter Form werden die Fragen behandelt, die bei der Entwicklung, Projektierung, Konstruktion und Errichtung von Elektroenergieanlagen zu beachten sind. Von den Grundaufgaben der Anlagengestaltung und den Berechnungsverfahren ausgehend, wird das Zusammenfügen der Anlageteile zu einem technischen System erläutert.

Prozeßanalyse

Elementare stochastische Methoden

Von Dr.-Ing. *Helmut Dreyer* und Prof. Dr.-Ing. habil. *Wilfried Sauer*. Etwa 330 Seiten, 180 Bilder, 34 Tafeln, Leinen, 22,— M, Ausland 28,— M. Bestellangaben: 5530689/Dreyer, Prozeßanalyse.

Dargelegt werden die wichtigsten mathematisch-statistischen Methoden und ihre Einsatzmöglichkeiten zur Lösung prozeßanalytischer Aufgaben. Damit wird dem Projektanten und dem technologisch tätigen Anwender ein Hilfsmittel in die Hand gegeben zur Auslegung neuer bzw. zur rationelleren Gestaltung vorhandener technologischer Anlagen.

Auslieferung in diesen Tagen. Im Fachbuchhandel erhältlich.

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Programmierbare nichtnumerische Steuerungen (XV)[1)]

Dr.-Ing. *G. Roland*, Karl-Marx-Stadt

Programmierbares Steuerungs- und Baugruppensystem PS 2000

Der astabile Multivibrator (Bild 46) soll eine Impulsfolge mit der Periodendauer $T = 2t_Z$ und der Impulsbreite t_Z abgeben. Solange D2 betätigt ist, kommt es zu einer zyklischen Selbstunterbrechung und Betätigung des Zwischenspeichers. Das Ausgangssignal dieser Schaltung kann beispielsweise zur Ansteuerung von Zählschaltungen genutzt werden.
Weitere komplexe logische Funktionen, wie Vergleicherschaltungen, Zählerschaltungen, Schieberegisterschaltungen u. a., sind durch Kombination der beschriebenen Schaltfunktionen realisierbar.

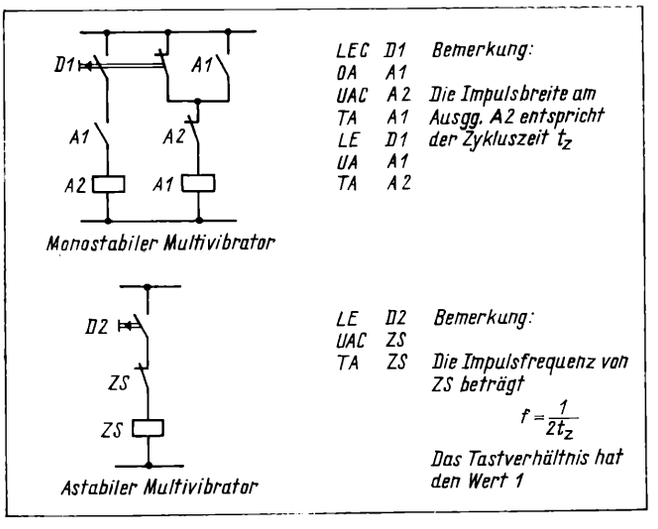


Bild 46. Impulsschaltungen

2.2.4. Programmierung von Sonderbaugruppen

Im Abschn. 1.3.3. wurden Aufbau und Wirkungsweise dieser Baugruppen beschrieben.
Sonderbaugruppen kommen zur Anwendung, wenn die erforderlichen Funktionen auf programmtechnischem Weg nicht lösbar sind (z. B. Zeit- und Haftspeicherbaugruppen) oder wenn die verfügbare Programmspeicherkapazität bei der Realisierung von Schieberegistern und Zählern den Einsatz von entsprechenden Sonderbaugruppen erfordert.
Mit Ausnahme der Voreinstellpotentiale wird die Informationsverarbeitung dieser Baugruppen mit geeigneter Programmierung organisiert. Die Eingänge aller Sonderbaugruppen müssen durch

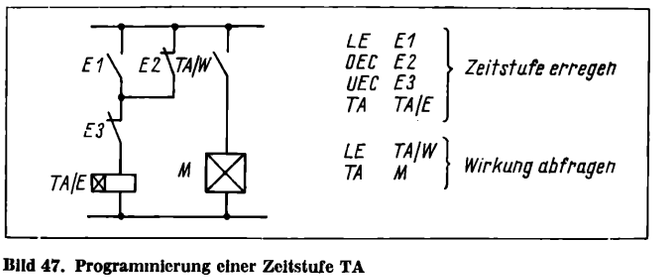


Bild 47. Programmierung einer Zeitstufe TA

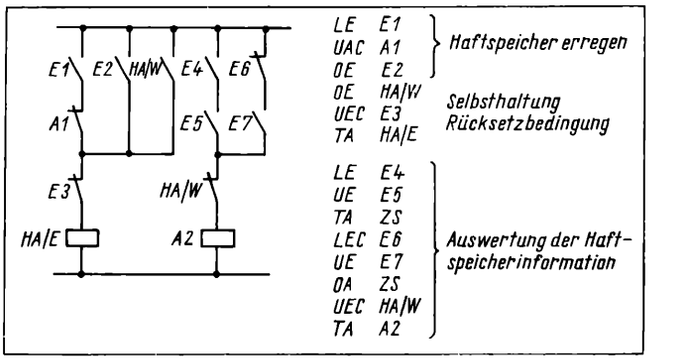


Bild 48. Programmierung eines Haftspeichers

Informationen aus dem Ausgangsadressenbereich des Arbeitsspeichers erregt werden. Die Wirkungen an den Ausgängen dieser Baugruppen sind hingegen im Eingangsadressenbereich des Arbeitsspeichers verfügbar. Einige Beispiele sollen die Programmierung erläutern.
Die Zeitstufe TA im Bild 47 soll als monostabiler Multivibrator arbeiten. Dabei ist der Magnet M für die Dauer der Information TA/W zu erregen. Diese Erregung hat unabhängig von der Erregungsdauer der Zeitstufe zu erfolgen. Haftspeicher kommen zur Anwendung, wenn Informationen während der Abschaltung der Netzspannung erhalten bleiben müssen. Ihre Programmierung (Bild 48) erfolgt analog der in Abschn. 2.2.3. beschriebenen Speicherfunktion. Die Speicherwirkung bleibt während der Abschaltung der Netzspannung und nach deren Zuschaltung unabhängig von der Erregung erhalten, falls die Rücksetzbedingung nicht erfüllt ist.
Die Auswertung der Speicherinformation erfolgt durch Abfrage im Eingangsadressenbereich des Arbeitsspeichers. Bild 49 zeigt eine Zählerbaugruppe, die als Werkstückzähler zwei Schmierungsmagnete steuern soll. Dazu wird je Werkstück die Eingangsinformation E1 bereitgestellt. Der Schmierungsmagnet M1 soll nach jeweils 200 Werkstücken, M2 nach 1000 Werkstücken erregt werden. Die ersten Schmierimpulse dürfen bis zu 50% früher gebildet werden, sie sollen die Impulsbreite TEA/W haben. Weiterhin gilt die Bedingung, daß die Fertigungsdauer für 100 Werkstücke größer als TEA/W ist. Diese Aufgabe läßt sich mit dem im Bild 49 dargestellten Programm lösen. Der Rückstelleingang R und die Zählrichtung V1 der Zählerbaugruppe bleiben bei der Programmierung unberücksichtigt. V1 wirkt unprogrammiert vorwärtszählend.

2.2.5. Anwendung der Zusatzoperationen

Die Zusatzoperationen dienen in der Mehrzahl der Verminderung des Programmumfanges und der Erleichterung der Programmierung insbesondere im Inbetriebnahmestadium.
— *Zusatzoperation KO — keine Operation*
(Alle Bitstellen des Wortes erhalten H-Signal)
Diese Zusatzoperation ist nutzbar, um innerhalb eines logischen Komplexes Reserveworte für später zu erwartende Erweiterungen anzulegen.

Beispiel:
```
LE A
UE B
KO
TA C
```

[1)] Teil XIV erschien im Heft 3/1982.

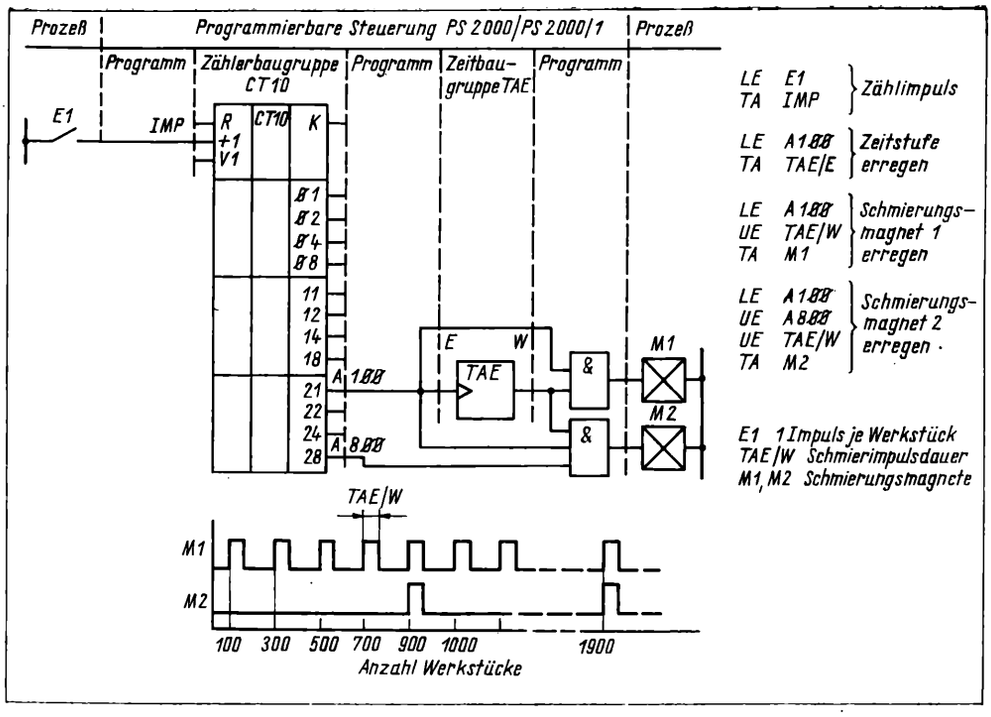


Bild 49. Programmierung einer Zählerbaugruppe CT 10 als Schmierungssteuerung

Außerdem kann diese Zusatzoperation zur Löschung einzelner Worte in einem vorhandenen Programm Verwendung finden.

Beispiel:	vorhandenes Programm	geändertes Programm
	LE A	LE A
	UEC B	UEC B
	UE C	KO
	TA D	TA D

— Zusatzoperation NUL — Leerwort

(Alle Bitstellen des Wortes erhalten L-Signal)

Da diese Kodierung gleichzeitig der Verknüpfungsoperation UE mit dem Adreßteil ØØØ entspricht, ist die Zusatzoperation NUL nur zwischen und nicht innerhalb von Programmteilen nutzbar. Sie hat im Gegensatz zu KO den Vorteil, daß die entsprechenden Worte ohne vorherige Löschung mit beliebigen anderen Operationen überschrieben werden können.

Beispiel:

```
TA M
NUL
NUL
 :   } Reserve für Erweiterungen mit ganzen Programmteilen
NUL
NUL
LE N
```

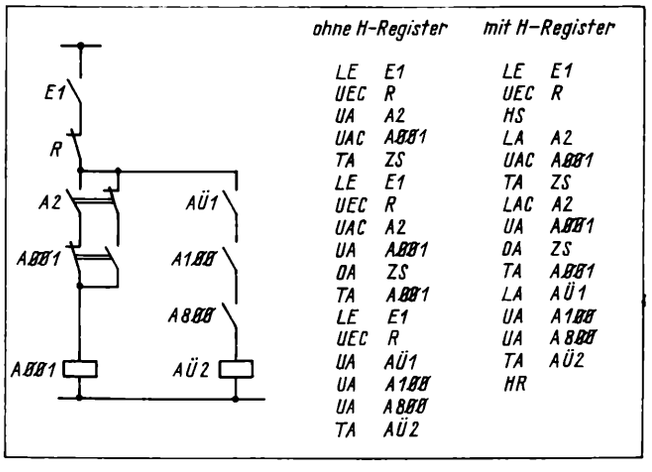


Bild 50. Anwendung des H-Registers

Bemerkung: Bei der Erstprogrammierung eines Prozesses ist zu empfehlen, nach jeweils etwa 200 Programmworten eine Reserve von 10 ... 20% unter Anwendung von Leerworten anzulegen. Programmänderungen bei der Inbetriebnahme erfordern dann keine umfangreichen Verschiebungen innerhalb des Programmspeichers.

— Zusatzoperation END — Programmende

Diese Zusatzoperation kann nach Abschluß aller Programmteile angewendet werden. Sie beendet die Verarbeitungsphase 2 vorzeitig und führt dadurch zu einer Verkürzung der Zykluszeit.

Beispiel: genutzte Programmspeicherkapazität: 1 K Worte
ohne END: t_Z = 18 ms
mit END: t_Z = 6 ms

— Zusatzoperation HS und HR

Die Anwendung des H-Registers gestattet die konjunktive Verknüpfung einer in sich beliebig gestalteten Klammerfunktion mit einer unbegrenzten Anzahl logischer Komplexe.

Die Programmierung hat so zu erfolgen, daß zunächst die Klammerfunktion berechnet wird, deren Ergebnis mit der Zusatzoperation HS aus dem A- in das H-Register übertragen wird. Anschließend programmiert man die logischen Komplexe, wobei die Programmierung der Transportoperationen TA und TEC zur konjunktiven Verknüpfung des A- und des H-Registerinhaltes führen. Ist die Programmierung aller logischen Komplexe abgeschlossen, dann erfolgt die Löschung des H-Registers mit HR. Jetzt kann das H-Register eine neue Klammerfunktion aufnehmen.

Bild 50 zeigt ein Beispiel zur Anwendung des H-Registers. Je nach Anzahl der logischen Komplexe, die mit dem H-Registerinhalt konjunktiv zu verknüpfen sind, ergeben sich erhebliche Einsparungen an Programmspeicherkapazität.

— Zusatzoperationen DS und DR

Im Abschn. 1.3.1. wurde dargelegt, daß die Bedingung $t_E > t_Z$ zur Sicherung der zuverlässigen Arbeitsweise erfüllt sein muß. Ist diese Bedingung nicht erfüllbar, d. h., die Dauer von Eingangsinformationen ist geringer als die Zykluszeit, dann kann zur Realisierung der Aufgabenstellung das D-Register angewandt werden.

msr 7177 (wird fortgesetzt)

Dr.-Ing. *R. Wolf* und Dipl.-Ing. *K. Fiedler*, Magdeburg

Elektronische Schaltungen der Automatisierungstechnik (38)[1)]

Analog-Digital- und Digital-Analog-Umsetzer

3.2.2.1. Sägezahnabtastung

Das Verfahren entspricht dem in Abschn. 3.2.1.1. beschriebenen Prinzip (Bild 20). Die Meßspannung U_x wird durch die Sägezahnspannung U_v mit hoher Frequenz abgetastet. Wegen des konstanten Anstiegs des Sägezahns ergibt sich eine Sägezahnfrequenz, die proportional der Eingangsspannung ist. Da die Frequenzmessung mehrere Impulse in einem Meßintervall erfaßt, arbeitet das Verfahren integrierend. Die als Fehler wirkende Rücksetzzeit des Sägezahns läßt sich durch P-Beschaltung des entsprechenden Integrators nur teilweise eliminieren, so daß keine hohen Genauigkeiten zu erreichen sind. Der Gesamtaufwand eines derartigen Umsetzers ist hoch (Sägezahngenerator, Komparator für den Nullpunkt, Zeitbasis der Frequenzmessung).

3.2.2.2. Integrationsverfahren

Durch Integration der Eingangsgröße wird ein linearer Spannungsanstieg mit einer Steilheit gewonnen, die proportional der Eingangsgröße ist. Bei Erreichen einer vorgegebenen Schwelle setzt eine Entladung des Integrators ein (Rücksetzung). Damit entsteht insgesamt ein sägezahnförmiger Verlauf des Integratorausgangssignals, wobei die Frequenz der Sägezahnspannung der Eingangsgröße proportional ist (Bild 21). Die Art der Rücksetzung charakterisiert die einzelnen Ausführungsformen (Tafel 2).

3.2.2.2.1. Zweischwellenverfahren

Bei diesen Verfahren wird der Integrator nach Erreichen eines Schwellwertes U_{s1} mit einer konstanten Rücksetzgröße soweit entladen, bis eine zweite Schwelle U_{s2} mit geringerem Niveau erreicht wird (Bild 22). Während die Integrationszeit T_M proportional der Eingangsgröße ist, bleibt die Rücksetzzeit konstant. Zusätzlich entstehen Verzögerungszeiten T_V durch die Komparatoren. Die Rücksetzzeit führt zu den bereits in Abschn. 3.2.2.1. beschriebenen Fehlern, speziell bei hohen Frequenzen. Die Rücksetzladung läßt sich durch Einspeisung eines konstanten Stroms, Kurzschluß des Integrationskondensators oder Umkehrung des Eingangsstroms bei gleichzeitig geänderter Bewertung realisieren (Bild 23). Die Ausführung mit konstantem Rücksetzstrom stellt die Zweischwellenvariante für das später noch näher zu betrachtende Charge-balancing-Verfahren dar.

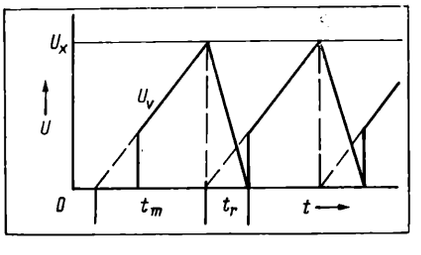


Bild 20. *U-f*-Wandler mit Sägezahnabtastung

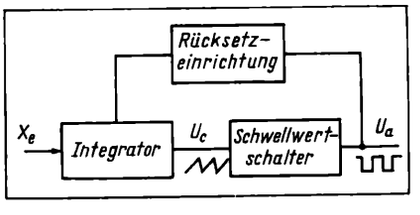


Bild 21. Integrationsverfahren

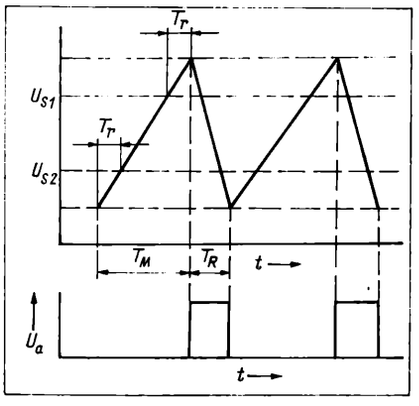


Bild 22. Ausgangsspannungen beim Zweischwellenverfahren

Die Fehler des Zweischwellenverfahrens werden durch beide Komparatorschwellen und den Integrator bestimmt, sind damit also relativ hoch (0,1 ... 0,5%). Wie beim Dual-slope-Verfahren setzen die Eigenschaften des Analogteils die Grenze für kleine Eingangsgrößen.

3.2.2.2.2. Einschwellenverfahren

Erreicht die Integratorausgangsspannung den Schwellwert des Komparators, wird mit einer konstanten Ladungsmenge zurückgesetzt, wobei die Eingangsgröße auch während der Rücksetzung weiter integriert wird. Dabei ist nur die Konstanz der Rücksetzladung entscheidend für den Fehler des Umsetzers.
Da nach diesem Prinzip hochgenaue Wandler realisierbar sind (Linearitätsfehler $< 0{,}01\%$, Temperaturfehler $< 0{,}1\%/10$ K, Umsetzbereich > 5 Dekaden), soll ausführlicher darauf eingegangen werden. Bild 24 zeigt die möglichen Realisierungen. Da bei der Rücksetzung mit Zwischenspeichern neben der Referenzspannung auch die Größe des Speicherkondensators und in gewissen Grenzen auch der Übergangswiderstand des die Entladestrecke darstellenden Schalters in die Stabilität der Rücksetz-

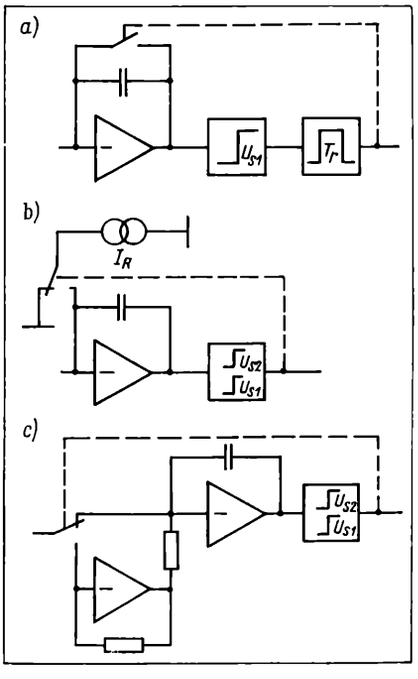


Bild 23. Realisierung des Zweischwellenverfahrens
a) Kurzschluß des Integrationskondensators
b) Einspeisung eines Rücksetzstromes
c) Rücksetzung mit dem Eingangsstrom

[1)] Teil 37 erschien im Heft 3/1982.

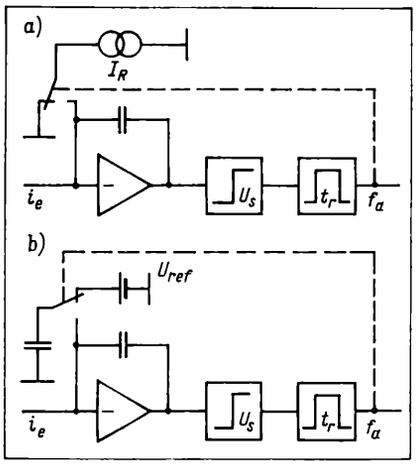


Bild 24. Realisierung des Einschwellenverfahrens
a) Rücksetzung mit konstantem Rücksetzstrom
b) Rücksetzung mit Zwischenspeicher

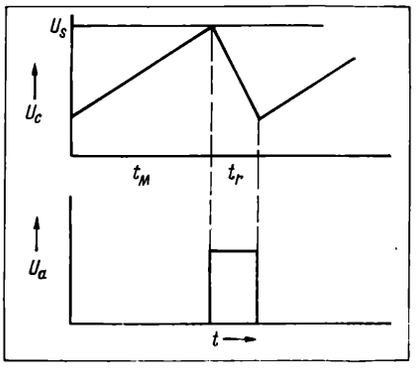


Bild 25. Spannungsverläufe beim asynchronen Einschwellenverfahren

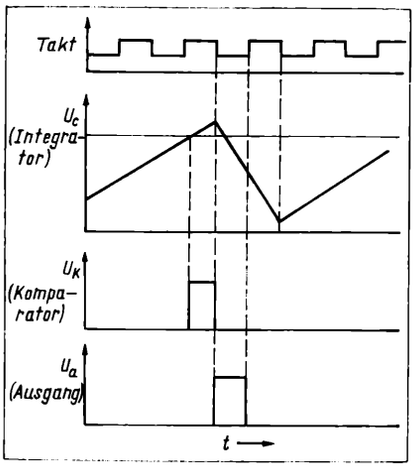


Bild 26. Taktsynchrones Einschwellenverfahren

ladung eingehen, wird der Rücksetzung mit konstantem Strom der Vorzug gegeben. Hier spielen die Stabilität der Stromquelle und der Rücksetzzeit eine Rolle. Damit wird die Genauigkeit praktisch auf zwei Einflußgrößen reduziert. Die Spannungsverläufe sind Bild 25 zu entnehmen. Die Folgefrequenz der Rücksetzimpulse ist proportional der Eingangsgröße. Es stellt sich über größere Zeiten über dem Untegrationskondensator ein Ladungsgleichgewicht ein (Einschwellenvariante des Charge-balancing-Verfahrens).

In dieser freilaufenden (asynchronen) Ausführung bereitet die Genauigkeit der Rücksetzzeit noch Probleme, da die Stabilität entsprechender Zeitglieder (Monoflop) nur gering ist. Die Rücksetzung kann allerdings auch taktsynchron erfolgen, wobei sich die Taktfrequenz hochgenau (Quarzgenerator) bereitstellen läßt. Hierbei erfolgt die Rücksetzung nicht genau nach Überschreitung der Komparatorschwelle, sondern erst bei Eintreffen des Taktimpulses (Bild 26). Der Rücksetzstrom wird für so viele Takte eingeschaltet, wie für Interschreitung der Komparatorschwelle nötig ist. Das taktsynchrone Verfahren bringt Schwankungen im Ladungsgleichgewicht, die sich allerdings bei genügend langer Zählzeit der Impulse herausmitteln.

Gewinnt man die Zeitbasis für die Frequenzmessung durch Teilung der Taktfrequenz für die Rücksetzung, entfällt, wie beim Dual-slope-Verfahren, der Einfluß der Taktfrequenz auf die Genauigkeit (Bild 27). Damit bestimmt praktisch nur noch die Stabilität des Rücksetzstromes die Güte der Umsetzung.

Diese Variante des Charge-balancing-Verfahrens zeigt ähnlich gute Ergebnisse wie das Dual-slope-Verfahren, bietet hinsichtlich der Anforderungen an die Bauelemente sogar Vorteile (Wegfall des Eingangsumschalters, Stabilität des Komparators nur für einen Umsatzzyklus (Kurzzeitstabilität)). Daten von realisierten Charge-balancing-Umsetzern sind in Tafel 1 angegeben.

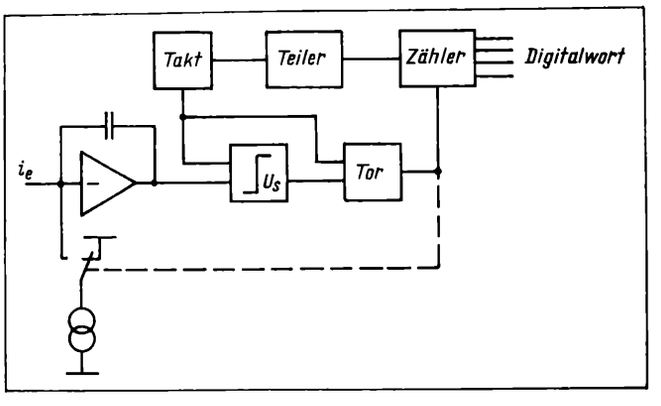


Bild 27. Taktsynchroner Einschwellen-ADU

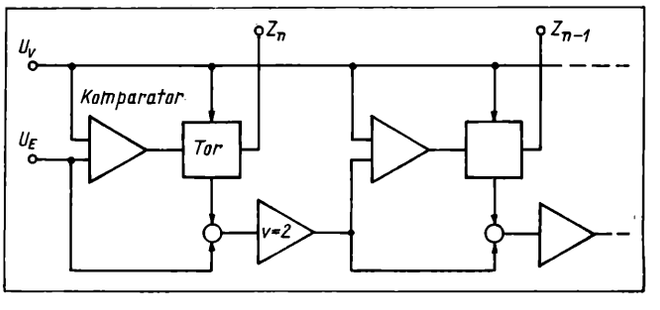


Bild 28. ADU mit stufenweiser Substraktion

3.3. Kaskadenverfahren

Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Verfahren der A/D-Umsetzung setzen die Kaskadenverfahren den Eingangswert in mehreren Umsetzzyklen in das Digitalwort um. Dabei wird in jedem Zyklus ein Teil des Eingangssignals (ein oder mehrere Summanden X entsprechend der Summenschreibweise $X_E = X_1 + X_2 + \ldots X_n + \Delta$) in seinen Digitalwert umgesetzt und anschließend abgespalten. Auf diese Art wird das Eingangssignal bis zur gewünschten Genauigkeit abgebaut.

3.3.1. Mehrzyklusverfahren

Entsprechend den Anforderungen an den Umsetzer werden für die einzelnen Zyklen unterschiedliche Verfahren gewählt. Für die großen Summanden lassen sich schnelle Umsetzverfahren geringerer Genauigkeit, für die kleinen Summanden hochgenaue Kompensationsverfahren einsetzen. Man erhält damit auch für Präzisionsumsetzer kurze Umsetzzeiten. Arbeitet der erste Zyklus integrierend, erfolgt auch eine entsprechende Störspannungsunterdrückung. Die Genauigkeit der zur Abspaltung der einzelnen Teilergebnisse nötigen D/A-Umsetzung bestimmt die Qualität der Gesamtanordnung. Wird der Aufwand genügend hoch getrieben, lassen sich Genauigkeiten bis 0,0002% erreichen [2].

msr 7526 (wird fortgesetzt)

Zentraler Nachweisspeicher für Anwendungen der Mikroelektronik (ZNAM) — ein Speicher für multivalent nachnutzbare Mikroelektroniklösungen

IA 4.0.1.2.

Mit der Entwicklung mikroelektronischer Baugruppen, denen ein sehr hoher Integrationsgrad bei der Realisierung elektronischer Funktionen zugrunde liegt, ergeben sich für die Rationalisierung vorteilhafte Voraussetzungen. Sie bestehen in der Möglichkeit, mit dem Einsatz der Mikroelektronik die Rationalisierung effektiv durchzuführen und im Ergebnis drastische Arbeitszeitsenkungen, Material- und Energieeinsparungen bei gleichzeitiger Verbesserung der Qualität von Erzeugnissen zu erzielen.
Dieser Erkenntnis sind Entwickler und Anwender elektronischer Bauelemente gleichermaßen verpflichtet. Eine bedeutende Rolle bei der weiteren Anwendungsentwicklung für mikroelektronische Baugruppen und Bausteine spielt dabei die gezielte Erfassung und Bereitstellung wissenschaftlich-technischer applikativer Informationen. Der Zentrale Erfahrungsaustausch und die uneigennützige Wissensvermittlung sind dabei Vorzüge unserer sozialistischen Gesellschaftsordnung. Sie vollziehen sich auf der Grundlage eines differenzierten, arbeitsteilig und kooperativ organisierten Informationssystems, das den Nutzern in der Volkswirtschaft zur Verfügung steht.

Mit dem Vordringen der Mikroelektronik in volkswirtschaftlich bedeutende Querschnittsgebiete, wie Rechentechnik, Nachrichtentechnik, Starkstromtechnik, Werkzeugmaschinenbau, Steuer- und Regelungstechnik, Meßtechnik und Robotertechnik, werden Aufgaben und Verantwortung der Information und der Applikation anspruchsvoller und komplizierter. Der Grad der Verflechtung nimmt in hohem Maße zu.

Es gilt, diesen Prozeß des umfassenden Eindringens der Mikroelektronik in die verschiedenen Sphären der gesellschaftlichen Reproduktion durch eine planmäßige Informations- und Applikationstätigkeit zu unterstützen.
Gegenwärtig beziehen die Gerätehersteller und Finalproduzenten von Maschinen und Anlagen, die sich komplexer mikroelektronischer Systeme (z. B. Steuerungen) bedienen, ihre Informations- und Applikationsverantwortung auf die kompletten Geräte- und Anlagenentwicklungen. Der Hersteller elektronischer Bauelemente nimmt diese Verantwortung bauelementebezogen wahr, so daß die durchgängige und komplexe Applikationsstrategie und Informationsverantwortung für die Mikroelektronik an der Stelle eine Lücke aufweist, wo es um die zentrale Erfassung aller Mikroelektroniklösungen und die Koordinierung geplanter Vorhaben geht.

Der VEB Kombinat Mikroelektronik hat aufgrund seiner Gesamtverantwortung für den weiteren Ausbau des staatlichen Informationsdienstes „Entwicklung und Anwendung der Mikroelektronik" die Initiative ergriffen, diese Lücke mit dem Aufbau eines zentralen Nachweisspeichers für Anwendungen der Mikroelektronik (ZNAM) zu schließen. Seit Jahresbeginn 1981 wird an der Realisierung eines solchen rechnergestützten Applikationsspeichers gearbeitet, der, in verschiedenen Ausbaustufen projektiert, Anwendungsbeispiele sowohl der Prozeßrationalisierung als auch kompletter Gerätesysteme (Rechneranwendungen, komplette Steuerungen u. a.), die mit mikroelektronischen Baugruppen gelöst wurden, aufnimmt.

Die Erfassung wurde bereits zielstrebig eingeleitet, wenn auch dafür bislang noch nicht in ausreichendem Maße die Mitwirkungspflichten der Anwender geregelt wurden. Hier dürfte in erster Linie das Zentralinstitut für Information und Dokumentation der DDR (ZIID) gegenüber den Fachministerien bestimmte Festlegungen zu treffen haben.
Bei der Durchsetzung einer breiten Erfassung von abgeschlossenen und geplanten Anwendungsfällen der Mikroelektronik werden die 1981 in den Bezirken der DDR gebildeten Beratungs- und Informationsstellen Mikroelektronik eine wichtige Rolle spielen.
Mit dem Aufbau des ZNAM bietet sich den Erstanwendern die Möglichkeit, entsprechend ihren zu lösenden Problemstellungen für den Einsatz der Mikroelektronik relevante Lösungen und Ergebnisse dem Speicher zu entnehmen. Der Speicher liefert in jedem Fall ein Angebot an gezielten Informationen, die Entscheidungen über Brauchbarkeit und Nachnutzbarkeit einer Lösung zulassen.
Auf der Basis eines einheitlichen Ausfüllformulars „Anwenderbericht" werden dem Entwickler der Anwendungslösungen entsprechend der Ausfüllvorschrift solche applikative Informationen abverlangt, die den Erstanwender bei der Entscheidungsfindung unterstützen. Das sind u. a.:

- technologische Problemstellungen
- elektronische Funktionsrealisierung
- eingesetzte Bauelemente
- Nachnutzungshinweise.

Bei der Erfassung von Anwendungsfällen der Mikroelektronik orientiert der VEB Kombinat Mikroelektronik selbstverständlich auf die Durchsetzung der Sortimentsstrategie der Bauelementehersteller, d. h. auf solche Anwendungsfälle, die auf der Basis des in der DDR verfügbaren Bauelementesortiments realisiert wurden.
Beim Aufbau des ZNAM wurde auf eine völlig neue, den Informationsansprüchen der Erstanwender gerecht werdende „entscheidungsorientierte Informationsverarbeitung" zurückgegriffen. Die schnellere und umfassende Durchsetzung der Anwendungsentwicklung erforderte eine solche Verarbeitungstechnik. Die übliche Dokumentennachweisspeicherung wurde um gezielte Entscheidungsinformation bezüglich Nachnutzbarkeit und Einsetzbarkeit eines jeweiligen Anwendungsfalles erweitert. Systematik und Form der Bereitstellung dieser applikativen Informationen sind auf diese entscheidungsorientierte Informationsverarbeitung abgestimmt. Die bekannten Rechnerleistungen, wie SIV, Recherchen, Bibliographien, Register u. a., werden mit weiteren Fallinformationen (z. B. Wirkungsschemas für Schaltungen, Bauelementestücklisten, Aufbauhinweise) auf Mikroplanfilm ergänzt, wobei die Kommunikation zum Rechnerausdruck über eine Mikrofiches-Nr. gegeben ist.
Der Quellennachweis (Ursprungsbetrieb, Stand der Dokumentationen und Software-Programme) ist im ZNAM unter strenger Einhaltung des Urheberrechts gewährleistet, auch alle Forderungen an den Geheimnisschutz werden beim Aufbau des ZNAM berücksichtigt. Als Grundlage der rechentechnischen Verarbeitung der applikativen Informationen des ZNAM dient das PS AIDOS OS/ES. Damit ist die Kompatibilität zwischen den bestehenden Informationsfonds innerhalb des Informationssystems Wissenschaft und Technik gesichert.
Als Eingabedatenträger dient in jedem Fall das Formular „Anwenderbericht", das beim VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin, 1035 Berlin, Mainzer Str. 25, abzufordern ist.

Die Ausgabe von Informationen über Anwendungsfälle Mikroelektronik erfolgt

a) bei Einzelfragen (schriftlich) über die zuständige Beratungs- und Informationsstelle des Bezirkes an den ZNAM im VEB AEB in Form von:

- Mikrofiches (bereits lieferbar)
- Broschüre (bereits lieferbar)
- Katalog (ab I/83 lieferbar)
- Informationsschrift „AI" (bereits lieferbar).

Die Beratung wird von der zuständigen Beratungs- und Informationsstelle übernommen, die auch Bestellungen an den ZNAM weiterleitet.

b) bei Anfragen über Rechnerleistungen über die zuständige Beratungs- und Informationsstelle des Bezirkes an den ZNAM im VEB AEB in Form von

- selektiven Informationsverbreitungen (SIV)
- retrospektiven Recherchen
- Fachrecherchen
- Registern.

Diese Leistungen sind innerhalb einer Bereitstellzeit von 3 bis 4 Wochen ab I/83 lieferbar.

Es muß darauf hingewiesen werden, daß der ZNAM seine Funktion als Vermittler von Erfahrungen und positiven Ergebnissen bei der Anwendung der Mikroelektronik nur dann erfüllen kann, wenn die uneigennützige Bereitschaft aller Betriebe und Einrichtungen vorliegt, gesammelte Erfahrungen im ZNAM zu zentralisieren.

msr 7579 Dipl.-Ing. oec. Ing. *C. Tittel*, VEB Applikationszentrum Elektronik Berlin

Untersuchungen an einem neuartigen Winkelbeschleunigungssensor

IA 4.2.1.

0. Einleitung

Eine der wichtigsten und gleichzeitig schwer meßbaren Größen, die die Arbeit der elektromechanischen Systeme charakterisiert, ist das Drehmoment. Es existieren verschiedene Methoden und Geräte zu dessen Messung, wobei besonders effektiv in dieser Beziehung die Meßgeräte zur Messung der Winkelbeschleunigung — Trägheitsbeschleunigungsmesser — sein können. Ein Meßsystem mit solchen Beschleunigungsmessern erlaubt genaue Messungen der dynamischen Momente in den elektromechanischen Systemen.

Der Trägheitsbeschleunigungssensor hat eine Trägheitsmasse, die durch elastische Elemente mit der Drehwelle verbunden ist. Die Durchbiegung der Elemente wird gemessen, und daraus in Abhängigkeit von den Schwingungsparametern wird der Wert des dynamischen Moments bestimmt. In den realen Konstruktionen der Trägheitsmasse ist eine Drehscheibe kugelgelagert an der Welle. Zur Messung der Durchbiegung des elastischen Elements werden normalerweise Dehnungsmeßstreifen (DMS) oder kapazitive Wandler verwendet. Da das Meßsignal schwach ist, benötigt man komplizierte elektronische Meßgeräte.

In der hier betrachteten Konstruktion werden als elastisches Element eine oder mehrere Scheiben aus Piezokeramik verwendet. Bei Verformung erhält man ein ausreichend starkes elektrisches Signal, das leicht registriert werden kann.

1. Theoretische Betrachtungen

Der Aufbau eines solchen Beschleunigungssensors ist im Bild 1 gezeigt. In dieser Konstruktion arbeiten die Piezoscheiben auf Druck, womit man größere dynamische Momente messen kann, obwohl auch Piezoelemente verwendet werden können, die auf Durchbiegung reagieren.

Die Differentialgleichung der Bewegung der Trägheitsmasse lautet

$$J\frac{\mathrm{d}^2(\varphi_\mathrm{m}-\varphi_\mathrm{w})}{\mathrm{d}t^2}+C\frac{\mathrm{d}(\varphi_\mathrm{m}-\varphi_\mathrm{w})}{\mathrm{d}t}+K(\varphi_\mathrm{m}-\varphi_\mathrm{w})=J\frac{\mathrm{d}^2\varphi_\mathrm{w}}{\mathrm{d}t^2}. \tag{1}$$

$\varphi_\mathrm{m}-\varphi_\mathrm{w}$ Auslenkung der Masse aus der Ruhelage; φ_w Drehwinkel der Welle; J Trägheitsmoment der Masse; C Dämpfung; K Nachgiebigkeit

Diese Gleichung kann man umformen in:

$$\frac{\mathrm{d}^2\varphi_\mathrm{a}}{\mathrm{d}t^2}+2\beta\omega_0\frac{\mathrm{d}\varphi_\mathrm{a}}{\mathrm{d}t}+\omega_0^2\varphi_\mathrm{a}=\varepsilon_\omega. \tag{2}$$

$\beta = C/C_\mathrm{k} = C/2J\omega_0$; C_k kritischer Dämpfungskoeffizient; ω_0 Eigenfrequenz des Systems; ε_ω Winkelbeschleunigung

Das System, das im Bild 1 gezeigt ist, hat hohe Eigenfrequenz und große Empfindlichkeit, was zu geringen Meßfehlern führt. Man kann experimentell die Parameter des Beschleunigungssensors — Dämpfung und Eigenfrequenz — aus dem Oszillogramm der freien Schwingung bestimmen:

$$\beta=\frac{1}{\sqrt{1+\dfrac{2\pi}{\ln(A_1/A_2)}}}, \tag{3}$$

$$\omega_0=\frac{2\pi}{T\sqrt{1-\beta^2}}. \tag{4}$$

Dabei sind A_1 und A_2 zwei aufeinanderfolgende Maxima, und T ist die Periode der freien Schwingung.

Die statische Empfindlichkeit beträgt bei $\frac{\mathrm{d}^2\varphi_\mathrm{a}}{\mathrm{d}t^2}=0$ und $\frac{\mathrm{d}\varphi_\mathrm{a}}{\mathrm{d}t}=0$:

$$S_\mathrm{a}=\left.\frac{\varphi_\mathrm{a}}{\varepsilon_\omega}\right|_{t=\infty}=\frac{1}{\omega_0^2}. \tag{5}$$

Damit man den Zusammenhang zwischen der gemessenen Spannung des Piezoelements U und der Winkelbeschleunigung ε_ω bestimmen kann, benötigt man die summarische statische Empfindlichkeit:

$$S_\mathrm{s}=\left.\frac{U}{\varepsilon_\omega}\right|_{t=\infty}. \tag{6}$$

Der Zusammenhang zwischen Verformung und elektrischer Ladung einer Piezoscheibe, die in der z-Richtung polarisiert ist, ist folgender:

$$D=e_{33}\xi_1. \tag{7}$$

D elektrische Induktion; e_{33} Piezomodul; ξ_1 relative Verformung

Da die elektrische Ladung $q = D \cdot A$ (A Fläche des Piezoelements) und $q = C \cdot U$ sind, bekommt man mit $C = \xi A/a$ (a Dicke der Scheibe):

$$U=\frac{e_{33}\cdot a}{\varepsilon}\xi_1=S_\mathrm{u}\xi_1. \tag{8}$$

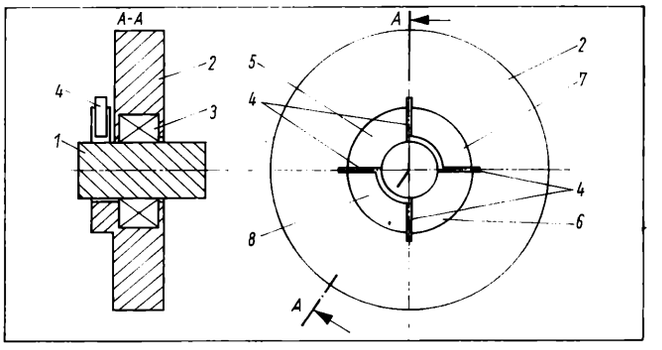


Bild 1. Prinzipieller Aufbau des Winkelbeschleunigungssensors

1 Welle; *2* Trägheitsmasse; *3* Kugellager; *4* Piezoscheiben; *5, 6* Kreissektoren der Welle; *7, 8* Kreissektoren der Masse

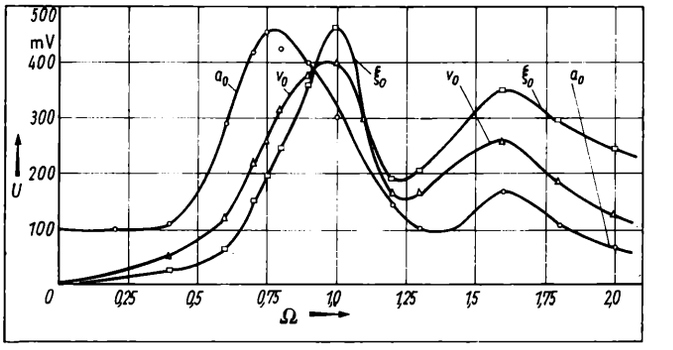


Bild 2. Amplituden-Frequenzgänge des Sensors

a_0 Amplitude der Erregerbeschleunigung; v_0 Amplitude der Erregergeschwindigkeit; ζ_0 Amplitude des Erregerweges; $\Omega = \omega/\omega_0$ Frequenzverhältnis, ω_0 Eigenfrequenz

Die relative Verformung ξ_1 ist mit der Winkelauslenkung φ_a durch die Gleichung

$$\xi_1 = \frac{R}{a} \cdot \varphi_a = S_1 \varphi_a \tag{9}$$

verbunden, wobei R der Radius des Kreises durch den Mittelpunkt der Scheibe ist.

Aus den Gln. (5) und (9) erhält man:

$$\xi_1 = S_a \cdot S_1 \cdot \varepsilon_\omega , \tag{10}$$

und wenn Gl. (10) in Gl. (8) eingesetzt wird, folgt schließlich:

$$U = S_u \cdot S_a \cdot S_1 \cdot \varepsilon_\omega = S_s \cdot \varepsilon_\omega , \tag{11}$$

$$S_s = S_u \cdot S_a \cdot S_1 . \tag{12}$$

Bei Wechselbeschleunigung muß S_s mit

$$W_a^*(\omega) = \frac{1}{\sqrt{(1 - \Omega^2)^2 + 4\beta^2\Omega^2}}$$

multipliziert werden. Dabei ist $\Omega = \omega/\omega_0$ und $W_a^*(\omega)$ der Amplituden-Frequenzgang.

2. Messungen

Der Amplitudenfrequenzgang des Beschleunigungssensors wurde experimentell bei harmonischer Erregung bestimmt.

Eine weg-, geschwindigkeits- oder beschleunigungsproportionale Erregung lieferte der elektrodynamische Schwingungserreger ESE 201 nach der Meßanordnung gemäß [3]. Der Erreger wurde vom Generator GF 22 mit Hilfe des Leistungsverstärkers LV 102 gespeist. Zur Vergleichsmessung diente der Schwingungsaufnehmer KD 23 mit dem Integrierverstärker SM 211. Die Ausgangsspannung des untersuchten Trägheitsbeschleunigungssensors wurde mit dem Effektivwertvoltmeter B 3-38 gemessen.

Die normierten Amplituden-Frequenzgänge bei $a_0 = 1$ m/s², $v_0 = 1$ mm/s und $\xi_0 = 1$ µm sind im Bild 2 gezeigt. Die berechnete Eigenfrequenz betrug etwa $\omega_0 = 1000$ s^{-1}, so daß die Kurven für $\Omega = 1$ bei dieser Frequenz dargestellt sind.

Aus den Kurven sind die Maximaverschiebung infolge der endlichen Dämpfung und das konstante Meßgebiet bis etwa $\Omega = 0{,}4$ ersichtlich. Mit den obengenannten Erregungswerten betrug die Ausgangsspannung des Trägheitsbeschleunigungssensors etwa 100 mV, was ihn besonders anwendungsfreundlich macht.

Literatur

[1] *Sokolow, M.; Masandilow, L.:* Messung dynamischer Momente in Wechselstromantrieben (russ.). Moskau: Verlag Energija 1975.

[2] *Angelow, N.:* Anordnung zur Messung von Winkelbeschleunigungen (bulg.). Erfindung No 27616, 1977, VR Bulgarien.

[3] *Angelow, G.:* Anordnung zur Untersuchung der Amplituden-Frequenzgänge von Schwingsensoren (bulg.). Wiss. Arbeiten WIMMESS, Band XXI, Serie 8. Russe: WIMMESS 1979.

msr 7563 Dr.-Ing. *G. Angelow*, Dr.-Ing. *N. Angelow* und Dipl.-Ing. *P. Tepawitscharow*, Technische Hochschule „A. Kantschew", Russe/VR Bulgarien

Orientierung über Rechtsvorschriften mit Einfluß auf den elektro-, BMSR- und nachrichtentechnischen Brand- und Explosionsschutz

IA 6.4.

Leitgedanke des Brand- und Explosionsschutzes als Bestandteil des Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutzes (GAB) ist die Verhütung von Bränden und Explosionen. Im Titel des dafür maßgebenden GAB-Grundlagenstandards TGL 30042 wird der prophylaktische Charakter des neuen Vorschriftenwerkes konkret formuliert. In diesem Zusammenhang hat auch der Brand- und Explosionsschutz elektro-, BMSR- und nachrichtentechnischer Einrichtungen einen festen Platz in den GAB-Grundlagenstandards gefunden. Dort enthaltene allgemeingültige Forderungen zum Ausschluß elektrischer Zündquellen müssen durch spezielle Festlegungen in den DDR-Standards und den Fachbereichstandards für Betriebsmittel und Anlagen untersetzt werden. In Verbindung mit den Ergebnissen nationaler und internationaler Arbeitsgremien entsteht eine neue Qualität des

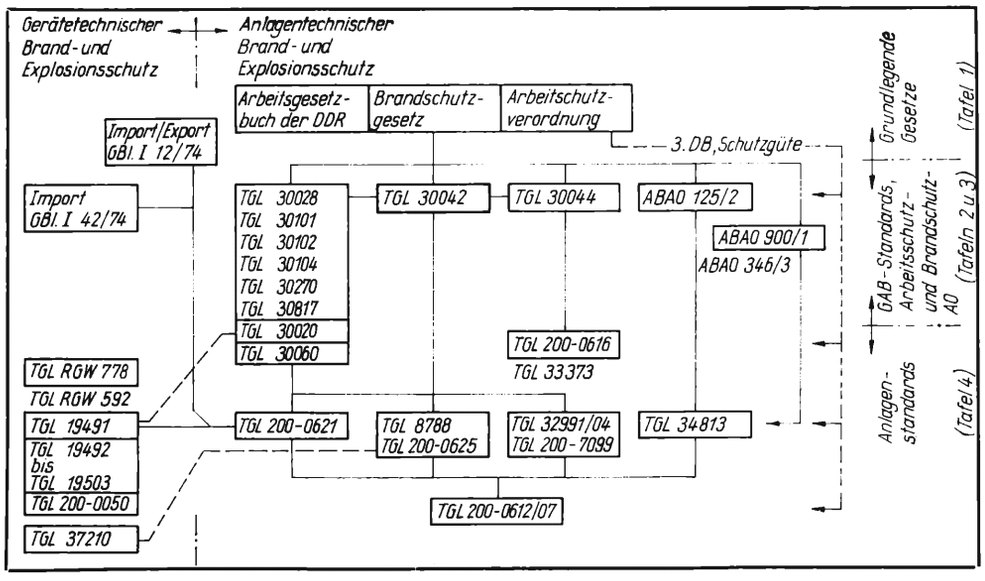


Bild. Beziehungen zwischen wesentlichen gesetzlichen Bestimmungen, Standards und Anordnungen mit Bezug auf den elektro-, BMSR- und nachrichtentechnischen Brand- und Explosionsschutz

Vorschriftenwerkes, bestimmt von den Belangen der sozialistischen ökonomischen Integration.

Übergangsphasen im Vorschriftenwerk bringen Koordinierungsprobleme mit sich. Anwender neuer Vorschriften entdecken mitunter Anpassungslücken, die vorerst nur durch sachgerechte Interpretation mit Bezug auf anerkannte Regeln der Technik zu klären sind. Solche Klärungen setzen eine gründliche Kenntnis aller das Problem berührenden Rechtsvorschriften voraus. Bei komplizierten Fragen wird man das erworbene Faktenwissen vertiefen müssen, sowohl prospektiv anhand neuer Standardentwürfe als auch retrospektiv aus den vorher geltenden Bestimmungen.

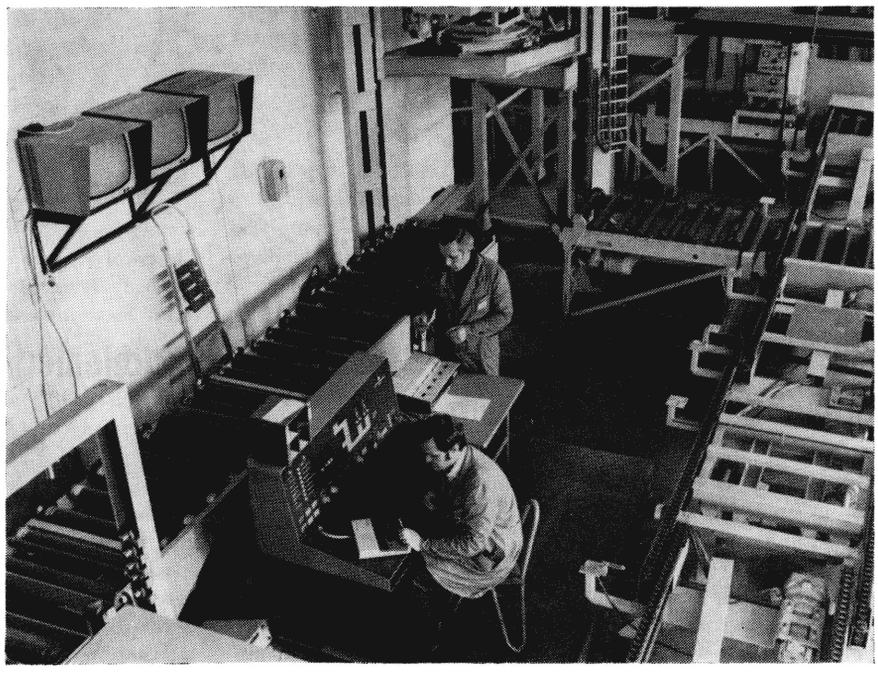
Nunmehr liegen viele Vorschriften zu diesem Themenkomplex in neuer Ausgabe vor. Die zusammenfassende Grafik (Bild) entspricht dem Stand vom Juli 1981. Sie zeigt die gegenseitigen Beziehungen zwischen den einzelnen Vorschriften. In [1] ist dazu eine ausführliche tabellarische Übersicht veröffentlicht. Aus der dort gegebenen erläuternden Darstellung gehen Vorschriftentitel, Inhalte und chronologische Daten hervor. Der Vergleich mit [2] läßt den Umfang der seit 1975 eingetretenen Veränderungen erkennen. Zum damaligen Zeitpunkt gab es noch keine für das Fachgebiet wesentlichen GAB-Standards. Unterdessen sind die GAB-Standards Grundlage der Arbeitssicherheit und der Schutzgüte im Sinne der Arbeitsschutzverordnung geworden. Sie benennen Pflichten für Betriebsleiter und Werktätige mit Leitfunktion, konkretisieren technische Schutzmaßnahmen und enthalten Verhaltensforderungen für alle Werktätigen. Die Zusammenstellung in [1] berücksichtigt diesen Sachverhalt und gibt damit eine Grundlage, Beratungen zu Interpretationsproblemen des GAB mit den zuständigen Fachorganen gezielt vorzubereiten.

Literatur

[1] *Pester, J.:* Orientierung über Rechtsvorschriften mit Einfluß auf den elektro-, BMSR- und nachrichtentechnischen Brand- und Explosionsschutz. Der Elektro-Praktiker **36** (1982) H. 5, S. 165–167.

[2] *Pester, J.:* Orientierung über geltende Vorschriften und Bestimmungen des elektro- und MSR-technischen Brand- und Explosionsschutzes. Der Elektro-Praktiker **29** (1975) H. 12, S. 375–378.

msr 7554 Obering. *J. Pester*, FAU 1.11 der KDT (Elektrotechnische Anlagen in explosionsgefährdeten Arbeitsstätten)



Die bulgarisch-ungarische Vereinigung „INTRANSMASCH" ist Entwickler, Projektant und Lieferant von Lagerausrüstungen, ferngesteuerten Transportsystemen, Seilbahnen und Skilifts. Im Bild ist das neue Modell eines Transport- und Verteilungssystems für die Bedienung eines automatisierten Hochregallagers zu sehen. Das neue System gestattet die Betriebsüberwachung über Monitore und Rechnersteuerung. (Foto: ADN-ZB)

Jahrestagung der WGMA „Sensortechnik und rechnergestützte Prüftechnik"

Am 5. und 6. November 1981 führte die WGMA ihre Jahrestagung in Jena aus Anlaß des Jenaer Ingenieurtages durch. Dem aktuellen fachlichen Überblick und Erfahrungsaustausch dienten die folgenden vier Übersichtsvorträge:

- *Hofmann, D.*; *Richter, W.*: Stand und Perspektive der Sensortechnik
- *Mütze, K.*: Stand und Perspektive der rechnergestützten Präzisionstechnik
- *Seifart, M.*; *Frühauf, U.*; *Schommartz, G.*: Stand und Perspektive der elektronischen Meßwerterfassungstechnik zwischen Sensor und Mikrorechner
- *Gatzmanga, H.*; *Langhoff, N.*: Stand und Perspektive der rechnergestützten Analysenmeßtechnik.

Eine Ausstellung im Foyer stellte Forschungsergebnisse auf den Gebieten der rechnergestützten Projektierung, der Meßtechnik und Qualitätssicherung, der Sensortechnik, der Optoelektronik und der Schrittmotoren aus den betreffenden Bereichen der Friedrich-Schiller-Universität und den mit ihnen kooperierenden Betrieben vor.

Prof. *Hofmann*, Vorsitzender der KDT-Universitätsorganisation der FSU Jena, eröffnete im Namen des Vorstandes der WGMA und ihres Vorsitzenden, Prof. *Töpfer*, die Tagung und leitete die Podiumsdiskussion.

Der erste Beitrag, vorgetragen von *D. Hofmann* (FSU Jena), gab einen umfassenden Überblick über die aktuellen Probleme der Sensortechnik. Sowohl als ständig technologisch zu verbessernde konventionelle Meßfühler als auch als neuartige Baugruppen nach neuen Wirkprinzipien dienen die Sensoren der Informationsgewinnung und bilden so die Voraussetzung für die Intensivierung technologischer Prozesse, z. B. durch Roboter, und den effektiven Einsatz moderner Mittel der Informationsverarbeitung. Hervorgehobene Entwicklungstrends sind die Schaffung digitaler Sensoren, die Entwicklung intelligenter Sensoren und Sensorsysteme, die Software-Unterstützung durch geeignete Sensorsysteme sowie die Erweiterung der Einsatzaufgaben und die Erhöhung der Leistungsfähigkeit, wobei biologische Sensoren als Lehrmeister dienen.

K. Mütze (VEB Carl Zeiss JENA) wies nach, wie durch die Synthese hochentwickelter Optik, Mechanik und Elektronik leistungsfähige Geräte, Gerätesysteme und Erzeugniskonzeptionen des optischen Präzisionsgerätebaus auf der Grundlage zielstrebiger Vorlaufforschung und bestehender Anwenderbedürfnisse geschaffen wurden. Hohe Meßproduktivität, verbesserte Leistungsparameter, Weltmarktkompatibilität und Einordnungsfähigkeit in automatisierte Systeme wurden an zahlreichen Erzeugnissen des Kombinats eindrucksvoll demonstriert.

M. Seifart (TH „Otto von Guericke" Magdeburg) trug den dritten Beitrag vor, in dem die Autoren Erfahrungen bei der Gestaltung der Meßwerterfassungssysteme zwischen Sensor und Mikrorechner und der Auswahl seiner Elemente zur Erzielung hoher Genauigkeit, Störspannungssicherheit, Zuverlässigkeit und Arbeitsgeschwindigkeit vermitteln. Wachsende Bedeutung erlangen hierbei die Anwendung ferngesteuerter, dezentraler und paralleler Meßwertverarbeitungssysteme, die Integration von Funktionsgruppen bis zu Mikrorechnern kompatiblen Subsystemen, Software-Lösungen für bisherige Hardware-Funktionen und die Lichtleiterübertragung.

H. Gatzmanga (IH Köthen) und *N. Langhoff* (AdW der DDR, Zentrum Wissenschaftlicher Gerätebau) erläuterten die Bedeutung der Analysenmeßtechnik für eine optimale Gestaltung von stoff- und energieerzeugenden Prozessen sowie für eine effektive Materialverwertung und zeigten, wie sich durch eine rechnergestützte Analysenmeßtechnik eine wesentliche Gebrauchswerterhöhung der Meßeinrichtungen erreichen läßt.

Der Text sämtlicher Vorträge ist in einer Broschüre von 117 Seiten abgedruckt, die den Teilnehmern ausgehändigt wurde. Die rege Beteiligung an der Podiumsdiskussion zeugte von der Resonanz der gehaltenen Vorträge. Im Mittelpunkt der Diskussion standen hauptsächlich Fragen der Entwicklung von Sensoren mit optischem Ausgang für die Lichtleiterübertragung bzw. von Sensoren für die unterschiedlichsten Eingangssignale sowie der Standardisierung von Software, Gerätekonzeptionen und Bausteinen der technischen Diagnostik.

Den Abschluß der gelungenen Veranstaltung bildete der Bericht der DDR-Delegation unter der Leitung von Prof. *Reinisch* (TH Ilmenau) über den 8. IFAC-Weltkongreß in Kyoto/Japan mit einer Einschätzung des Kongresses und der fachlichen Information zu ausgewählten Gebieten. msr 7591 *R. Strietzel*

4. Wissenschaftlich-technische Konferenz des Instituts für Regelungstechnik

Der Fachausschuß Automatisierungsgeräte der Wissenschaftlich-Technischen Gesellschaft für Meß- und Automatisierungstechnik in der KDT, der Bezirksfachausschuß Mikroelektronik beim Bezirksvorstand Berlin der KDT und das Institut für Regelungstechnik, Forschungszentrum des Kombinates VEB EAW Berlin, veranstalteten am 9. und 10. Dezember 1981 in Berlin die 4. Wissenschaftlich-technische Konferenz zur Thematik „Das Automatisierungsgerätesystem ursatron 5000". Grundanliegen der 4. WTK war es, zusammenfassend über die Systemkomponenten des Automatisierungsgerätesystems ursatron 5000 zu informieren und die wesentlichsten Anwendungsmöglichkeiten darzustellen.

Die 4. WTK wurde vom Institutsdirektor des IfR, Dr. *H. Fuchs*, eröffnet. Im 1. Plenarvortrag sprach *H. Fuchs* zum Thema „Die weitere Entwicklung des ursamat unter dem Einfluß der Mikroelektronik". Ausgehend vom erreichten Stand der Gerätetechnik ursatron 5000 wurden die wesentlichen technischen Aspekte bei der Entwickung einer neuen Gerätegeneration behandelt. Schwerpunkte der Ausführungen waren Gestaltungsprobleme der Software und der Aufbau von Bussystemen. Die zunehmende Bedeutung der Lichtleitertechnik und der Einfluß auf die Gestaltung moderner Automatisierungsgerätesysteme, vor allem auch in Verbindung mit modernen Lösungen der Meß- und Stelltechnik, wurden detailliert untersucht.

H. Töpfer (TU Dresden) zeigte im 2. Plenarvortrag „Zur Konzeption und Entwicklung neuer Gerätesysteme für die Prozeßautomatisierung", ausgehend von einem Vergleich konventioneller Systeme und moderner Automatisierungslösungen, die Trends der Weiterentwicklung der Automatisierungsgeräte- und Automatisierungsanlagentechnik auf. Wie auch im 1. Plenarvortrag wurde auf die Bedeutung der Bereitstellung problemorientierter Programm- und Programmiersysteme, insbesondere für die Projektierung und Inbetriebnahme, hingewiesen. Ausführlich erläuterte *H. Töpfer* ein spezielles Programmier- und Inbetriebnahmegerät für regelungstechnische Aufgabenstellungen.

Die Übersichtsvorträge hatten die Zielstellung, den künftigen Anwendern zunächst die Systemphilosophie des Gesamtsystems ursatron 5000 (*G. Obenhaus, G. Hellmuth*, IfR) zu veranschaulichen und zusammenfassend über die Systemkomponenten ursadat (*K.-H. Ziegler*, IfR) und ursalog 5020 (*L. Könitzer*, IfR) sowie ursamar 5000 (*U. Bahrs, R. Schmidt*, IfR) zu informieren.

Die 16 Fachvorträge wurden in 2 Sektionen gehalten:

Sektion I — Probleme der Steuerung und Regelung

Sektion II — Probleme der Meßwerterfassung, -verarbeitung, -übertragung.

Von den 8 Referenten des IfR wurden Schwerpunkte der Entwicklungsergebnisse der Systemkomponenten ursalog 5020 und ursadat 5000 vorgestellt. Beide

Systemkomponenten sind inzwischen in die Produktion übergeleitet worden (Gütezeichen „Q"). Ausgehend vom derzeitig erreichten Stand wurden die wesentlichen Entwicklungszielstellungen der Systemkomponente ursamar 5000 dargelegt. Kooperationspartner des IfR aus dem Hochschul- und Akademiebereich (3) und künftige Anwender des Systems ursatron 5000 (5) behandelten spezielle Entwicklungsergebnisse und Anwendungen.

Ursatron 5000 ist ein flexibles und anpassungsfähiges Gerätesystem der Automatisierungstechnik zur Lösung der verschiedensten Aufgaben im Bereich der Steuerung, Regelung, Überwachung, Meßwerterfassung und -verarbeitung, Datenfernübertragung. *G. Obenhaus, G. Hellmuth* (IfR) erläuterten das Gesamtsystem und gaben einen Überblick über Struktur und Einsatzbereich der 4 Systemkomponenten ursadat 5000, ursalog 5000, ursamar 5000 und ursatrans 5000. Detaillierter wurde die Schnittstellenstruktur des Systems behandelt, die Grundlage für die Koppelbarkeit der Systemkomponenten untereinander ist und die Zusammenarbeit mit der 4000-Generation gewährleistet.

Ursadat 5000 ist das Nachfolgesystem der ursadat 4010. *K.-H. Ziegler* (IfR) veranschaulichte, daß der Einsatzbereich der ursadat 5000 von kleinen autarken Einrichtungen bis zu dezentralisierten hierarchischen Systemen reicht. Das System enthält Modulgruppen zur analogen und digitalen Ein- und Ausgabe, zur Fernübertragung und Informationsverarbeitung.

Die Steuereinrichtungen des Gerätesystems ursalog 4000/5000 behandelte *L. Könitzer* (IfR). Das Baugruppensystem ursalog 4000 dient zum Aufbau verbindungsprogrammierbarer Steuereinrichtungen für die Steuerung von Aggregaten in verfahrenstechnischen Prozessen sowie von Be- und Verarbeitungsmaschinen. Für die speicherprogrammierbare Steuerung ursalog 5020 steht ein breites Sortiment von Baugruppen zur E/A-Signalanpassung zur Verfügung. Die Programmierung erfolgt in der problemorientierten Programmiersprache PROLOG 2 mit Hilfe des Programmiergerätes ursatron 5000.

Ausgehend von einer Übersicht über das gegenwärtige Erzeugnisprogramm an elektronischen Reglern, Leitgeräten und Rechenfunktionseinheiten, sprachen *U. Bahrs, R. Schmidt* (IfR) über die künftigen Erzeugnislinien des Systemzweiges ursamar.

Die Fachvorträge in der Sektion I verdeutlichten Aufbau und Anwendung der Systemkomponenten ursalog 5020 und ursamar 5000.

H. Wilke (IfR) behandelte Probleme der Programmierung, Inbetriebnahme und Bedienung der speicherprogrammierbaren Steuerungseinrichtung ursalog 5020. Die Robustperipherie ursalog 5020 wurde von *L. André* (IfR) vorgestellt. Sie dient der Erfassung und Ausgabe digitaler Prozeßsignale und zeichnet sich durch hohe Stör- und Zerstörfestigkeit und eine komfortable Diagnose aus.

K. Wiechert (IEA) berichtete über die Anwendung des Gerätesystems ursalog 4000/5000 für die Prozeßsteuerung in der Kraftwerksautomatisierung. Eine weitere Anwendung der Steuereinrichtung ursalog 5020 zeigte *W. Hofmann* (SAE im KUTE) auf. Ausgehend von der kurzen Beschreibung einer Spritzgießmaschine wurde die zugehörige Steuerung näher erläutert. Die Anwendung des Systems ursatron 5000 zur Steuerung eines Farbspritzautomaten wurde von *G. Haferkorn* (IH Mittweida) behandelt. Zur Anwendung des Systems ursamar 5000 in der Kraftwerksautomatisierung, Einzelgewächshausautomatisierung und in der Chemischen Industrie sprach *P. Schmidt* (IfR), *E. Korner* (IfR) stellte das Konzept und die gerätetechnische Lösung für das durch den Mikrorechner K 1520 gesteuerte Farbsichtgerät DS 2000 vor. Ein Softwarekonzept für einen universellen freiprogrammierbaren Regler trug *W. R. Müller* (TU Dresden) vor. Das vorgesetllte Software-Konzept beruht auf einer interpretativen Bearbeitung eines hochverdichteten Anwenderprogramms.

In der Sektion II waren die Fachvorträge zusammengefaßt, die dem Aufbau und der Anwendung der Systemkomponente ursadat 5000 gewidmet waren. Das serielle Zwischenblockinterface ursatron 5000 wurde von *K. Zallmann* (IfR) vorgestellt. Durch das serielle Zwischenblockinterface, das für einen Mehrpunktbetrieb unter Echtzeitbedingungen vorgesehen ist und die Ankopplung von maximal 254 mikrorechnergesteuerten Stationen erlaubt, können komplexe und funktionell oder örtlich dezentralisierte hierarchische Automatisierungssysteme realisiert werden. Durch die Gliederung des Übertragungssystems in einen Nahbus für Übertragungsentfernungen bis 100 m und den Anschluß von maximal 20 Stationen über Steuereinheiten, die direkt am Systembus (K1520) des Mikrorechners arbeiten und einen Fernbus für Übertragungsentfernungen bis zu 3 km und den Anschluß von maximal 60 Übertragungseinheiten, die geräteseitig jeweils mit einem Nahbus zusammenarbeiten, bestehen viele Freiheitsgrade beim Aufbau komplexer Übertragungsnetze. *H. Zimmermann* (IfR) zeigte den prinzipiellen Aufbau der Analogeingabe ursadat 5000 auf. Die Wirkungsweise der einzelnen Bausteintypen und ihr Zusammenwirken wurde erläutert.

Die Serviceeinheit ursatron 5000 ist ein tragbares Gerät und dient als Hilfsmittel für die Prüfung, Inbetriebnahme und Wartung von ursadat 5000-Anwendersystemen. *P. Hengelhaupt* (IfR) zeigte, wie der Test von Anwendersoftware an laufenden Anwendersystemen, zum Teil unter Echtzeitbedingungen, durchgeführt werden kann. Gleichzeitig erfolgt mit der Serviceeinheit Überprüfung und Wartung von im Anwendersystem gesteckten E/A-Modulen. *W. Enkelmann* (ZfK Rossendorf) stellte eine Softwarelösung zur Kopplung der ursadat 5000 mit einem Rechner K 1620/K 1630 im Prozeßrechnersystem A 6491/A 6492 vor. Die dargelegte Softwarelösung ist für solche Prozeßrechnersysteme konzipiert, bei denen ursadat 5000 zur Prozeßkommunikation und Primärverarbeitung und der K 1600 zur Lösung von Regieaufgaben und zur Bedienerkommunikation dient.

P. Neumann (TH „Otto von Guericke" Magdeburg), vermittelte einen Überblick über Aufbau, Funktionsweise und Leistungsfähigkeit der neuen Generation von Automatisierungsanlagen des VEB GRW Teltow auf Basis der Gerätetechnik ursatron 5000. Das 2-Ebenen-System besteht aus den weitgehend autonom arbeitenden Einrichtungen des prozeßnahen Bereiches (Basiseinheiten) und den Einrichtungen des Wartenbereiches (Pult-Steuerrechner). Die bidirektionale Informationsübertragung zwischen den Einrichtungen erfolgt in serieller Form über eine Datenbahn, die sämtliche Einrichtungen verbindet. Die Softwarekonzeption des Systems wurde von *J. Wätzel* (VEB GRW Teltow) behandelt. Die einzelnen Komponenten des Softwaresystems und ihre prinzipielle Wirkungsweise wurden vorgestellt.

Zum Nachweis der Leistungsfähigkeit des neuen Automatisierungssystems des GRW Teltow wurde eine Testanlage an einem technologischen Teilkomplex im VEB PCK Schwedt unter industriellen Einsatzbedingungen erprobt. *U. Hartmann* (VEB GRW Teltow) berichtete über gesammelte Erfahrungen und erste Ergebnisse beim Einsatz von ursadat 5000-Gerätetechnik in Automatisierungsanlagen unter Industriebedingungen.

Die 4. WTK kann als außerordentlich erfolgreich beurteilt werden. Das überaus große Echo der 4. WTK demonstrierten 800 eingegangene schriftliche Anmeldungen, von denen nur 200 Teilnehmer zugelassen werden konnten. Die Veranstalter beschlossen deshalb, die 4. WTK als eintägige Informationstagung am 21. Januar 1982 in der Kongreßhalle Berlin für 300 Teilnehmer zu wiederholen.

Die 4. WTK hat dazu beigetragen, daß die erforderlichen Grundkenntnisse für den Einsatz des Systems ursatron 5000 bei den Anwendern vertieft wurden. Dadurch sind die Anwender beschleunigt in der Lage, Aufgabenstellungen für den künftigen Einsatz zu erarbeiten, vorbereitende Projektierungsarbeiten durchzuführen und sich bei der Einsatzvorbereitung des Systems ursatron 5000 wirksam zu beteiligen. Neben der speziellen Wirkung der Vertiefung der Kenntnisse des Systems ursatron trug damit die Tagung grundsätzlich dazu bei, den Einsatz der Mikroelektronik in der Automatisierungstechnik zu beschleunigen.

Die Tagung gab auch den anwesenden Vertretern des IfR neue Anregungen für die weitere Entwicklungsarbeit.

Die WTK des IfR hat durch den großen Erfolg ihren Stellenwert im Veranstaltungskalender zu Fragen der Automatisierungsgerätetechnik weiter erhöht.

msr 7001 *G. Hellmuth*

VIII. IFAC-Weltkongreß in Kyoto/Japan

Der VIII. IFAC-Weltkongreß fand vom 24. bis 28. August 1981 in einer bedeutsamen Umgebung statt: in der alten japanischen Kaiserstadt Kyoto, die in ihren Häusern und zahlreichen Gärten, Tempeln und Schreinen die alte japanische Kultur weitgehend bewahrt und mit der modernen Technik verbunden hat. Dieser modernen Technik begegneten die Teilnehmer u. a. in der durch ihre moderne Architektur und Ausstattung beeindruckenden internationalen Kongreßhalle (Bild 1).

Der beeindruckenden Kulisse entsprachen der Umfang des Kongresses, die Breite der Thematik, die perfekte Organisation sowie die bezaubernde Freundschaft der Gastgeber. Sie bereitete den Boden, auf dem unter Achtung unterschiedlicher gesellschaftlicher Standpunkte eine friedvolle und konstruktive internationale Zusammenarbeit gemäß der Zielstellung dieses Kongresses — Steuerungswissenschaft und -technologie für den Fortschritt der Menschheit — erwuchs. Diese Verbindung von alten kulturellen Werten und Verhaltensweisen mit moderner Technologie ist sicher ein wichtiger Schlüssel für das Verständnis der erfolgreichen japanischen Gegenwart, die viele der Kongreßteilnehmer zu ergründen suchten.

Der Kongreß wurde von nahezu 1400 Teilnehmern besucht, wovon über 800 aus dem Gastgeberland kamen. Auffallend war ein deutlicher Anstieg von Teilnehmern aus Entwicklungsländern sowie — nach längerer Pause — die Teilnahme einer starken Delegation der VR China. Der Industrieanteil der japanischen Teilnehmer lag mit 50% — sicher nicht zufällig — merklich über dem der anderen Länder. In 116 Sitzungen wurden über 600 Vorträge mit gutem bis sehr gutem wissenschaftlich-technischen Niveau gehalten. Hinzu kamen 8 Plenarvorträge und 8 Anwendungsstudien (mit jeweils bis zu 6 Beiträgen) sowie Filmvorführungen zur Robotertechnik und Betriebsbesichtigungen.

Von diesem außerordentlich umfangreichen Programm konnte die 6köpfige DDR-Delegation nur einen kleinen Ausschnitt unmittelbar verfolgen. Sie war insbesondere aktiv durch 10 Vorträge (3 vom ZKI der AdW, 3 von der TH Ilmenau, je einer von der TU Dresden, der HfV „Friedrich List" Dresden, dem ZFT des Kombinates Robotron und dem PCK Schwedt) und durch Diskussionen in Sitzungen und Beratungen verschiedener IFAC-Komitees.

Die Vorträge beinhalteten etwa zu gleichen Teilen Methoden und Anwendungen der Modellbildung, Steuerung, Optimierung und Automatisierung. Hierbei fanden sich viele Anwendungen in Beiträgen zu methodischen Sitzungen, wie umgekehrt viele anwendungsorientierte Beiträge methodische Weiterentwicklungen einschlossen. Die Anwendungen betrafen nahezu alle Bereiche zielgerichteten Handelns, angefangen von den industriellen verfahrens- und fertigungstechnischen Prozessen und der Energieversorgung über Verkehrs- und Transportsysteme und land- und wasserwirtschaftliche Prozesse bis zur Umweltproblematik, zu biomedizinischen Problemen und betrieblichen, territorialen, volkswirtschaftlichen und globalen Planungs- und Leitungsprozessen. Hierin kommen der interdisziplinäre Charakter und die enorme Breitenwirkung der Steuerungswissenschaft/Kybernetik zum Ausdruck. Für eine zeitgemäße und zügige Entwicklung der zahlreichen Anwendungsbereiche muß deshalb der modernen Steuerungs- und Systemtechnik die notwendige Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Es ist nicht möglich, alle genannten Aktivitäten, die in einem Kongreßbericht von nahezu 4000 Seiten ihren Niederschlag fanden, ausgewogen zu würdigen. Deshalb sollen im folgenden nur einige Schwerpunkte genannt und allgemeine Beobachtungen angestellt werden.

Hinsichtlich der Anwendungen ist besonders zu vermerken, daß erstmalig auf einem IFAC-Kongreß — stimuliert durch die führende Rolle des Gastgeberlandes auf diesem Gebiet — die Problematik der Robotertechnik in großem Umfang behandelt wurde. Dadurch gefördert trat auch die Automatisierung (flexibler) fertigungstechnischer Produktionsprozesse stärker in den Blickwinkel der Steuerungsingenieure und der IFAC. Diese war in der Vergangenheit den Fertigungstechnikern in erheblichem Maße allein überlassen. Den größten Umfang nahmen Probleme der Energieversorgung und -verteilung ein. Hierzu fanden allein 7 Sitzungen statt. In zahlreichen Vorträgen anderer Sitzungen wurden Fragen der Energieeinsparung diskutiert. Dazu zählen metallurgische Industrie, chemische Industrie, Transport- und Verkehrssysteme, Wasserversorgungssysteme, Gebäudeautomatisierung, Gewächshaussteuerung u. a. m. Darin kommt die große Bedeutung zum Ausdruck, die der Steuerungswissenschaft bei dieser für fast alle Länder vordringlichen Aufgabe zukommt. Einen großen Anteil an den anwendungsorientierten Sitzungen hatten weiterhin die Automatisierung von Prozessen der Stahlindustrie, wo Japan eine führende Position hält, sowie von Prozessen der chemischen Verfahrenstechnik.

Besonders verwiesen sei nicht zuletzt auf die wachsende Anwendungsbreite im nichttechnischen bzw. nichtindustriellen Bereich. Dieser umfaßt insbesondere Planungs- und Leitungsprozesse auf den verschiedensten Ebenen: Wasserwirtschaft und Umweltschutz, Landwirtschaft (Gewächshaussteuerungen), Gesundheitsfürsorge und Verkehrswesen. Diese und andere „nichtklassische" Anwendungsgebiete der Steuerungstechnik erreichten an Zahl der Vorträge — und sicher auch an Bedeutung — nahezu die der „klassischen" Produktionsprozesse.

In den methodischen Sitzungen wurden in besonders großem Umfang Verfahren zur Bildung von Steuerungs- und Vorhersagemodellen diskutiert. Das zur Kennzeichnung der Beiträge am häufigsten benutzte Schlüsselwort war „optimale Steuerungen", obwohl nur zwei methodische Sitzungen hierzu stattfanden. Darin kommt zum Ausdruck, daß in

Bild 1. Eröffnungsfeier in der Internationalen Kongreßhalle

vielen (anwendungsorientierten) Beiträgen anderer Sitzungen eine optimale Problemlösung gesucht wurde. Ähnliches gilt für Rechnersteuerungen. Fast alle in einer großen Vielfalt vorgestellten Automatisierungslösungen basierten auf Mikrorechnereinsätzen. Zu dieser Rechnerproblematik fand jedoch keine besondere Sitzung statt. Vielmehr wurden diese Einsätze mit Selbstverständlichkeit unter dem jeweiligen Anwendungsaspekt abgehandelt. Mikroprozessoren und -rechner wurden für die angewandte Steuerungstechnik als ein gegebenes, bekanntes, besonders wichtiges Automatisierungsmittel betrachtet. Auch alle offline durchgeführten Vorbereitungen von Entscheidungen und Berechnungen von Entwicklungs- und Steuerstrategien erfolgten selbstverständlich rechnergestützt durch eine geeignet entwickelte Großrechentechnik.

Nach Zahl der Beiträge rangierten dann adaptive Regelungen und große (hierarchische bzw. dezentralisierte) Systeme. Die Mehrzahl der adaptiven Regelungsprobleme fand sich verstreut in anwendungsorientierten Sitzungen. Das zeigt, daß die adaptiven Regelungen nach einer langen Phase theoretischer Untersuchungen nunmehr mit Hilfe der durch die Mikrorechentechnik eröffneten Realisierungsmöglichkeiten zu praktischen Anwendungen geführt werden. Über hierarchische Methoden wurde auf dem Kongreß überwiegend im Zusammenhang mit der prozeßentkoppelten Berechnung von Entwicklungs- und Steuerungsstrategien und der rechnergestützten operativen Prozeßlenkung durch den Menschen berichtet. Von den 6 Vorträgen einer methodischen Sitzung zu hierarchischen Verfahren waren 4 Beiträge mit wasserwirtschaftlichen Anwendungen verbunden. Automatische hierarchische und dezentrale Steuerungen werden gegenwärtig in die Praxis eingeführt. Schließlich sei das wachsende Interesse erwähnt, das Problemen der Modellbildung und Steuerung komplizierter Prozesse bei unvollständiger/unscharfer Information und bei Mehrzielaufgaben sowie der Einbeziehung des Menschen in die Steuerung solcher und anderer Prozesse (Mensch-Maschine-Problematik) entgegengebracht wurde.

Besonders gewürdigt sei abschließend, daß auf diesem Kongreß auch soziale Folgen der Automatisierung diskutiert wurden, u. a. die durch den Robotereinsatz zu erwartenden Auswirkungen (in Japan spricht man in diesem Zusammenhang von einer 3. industriellen Revolution) und allgemeine Fragen der Humanisierung der Arbeit.

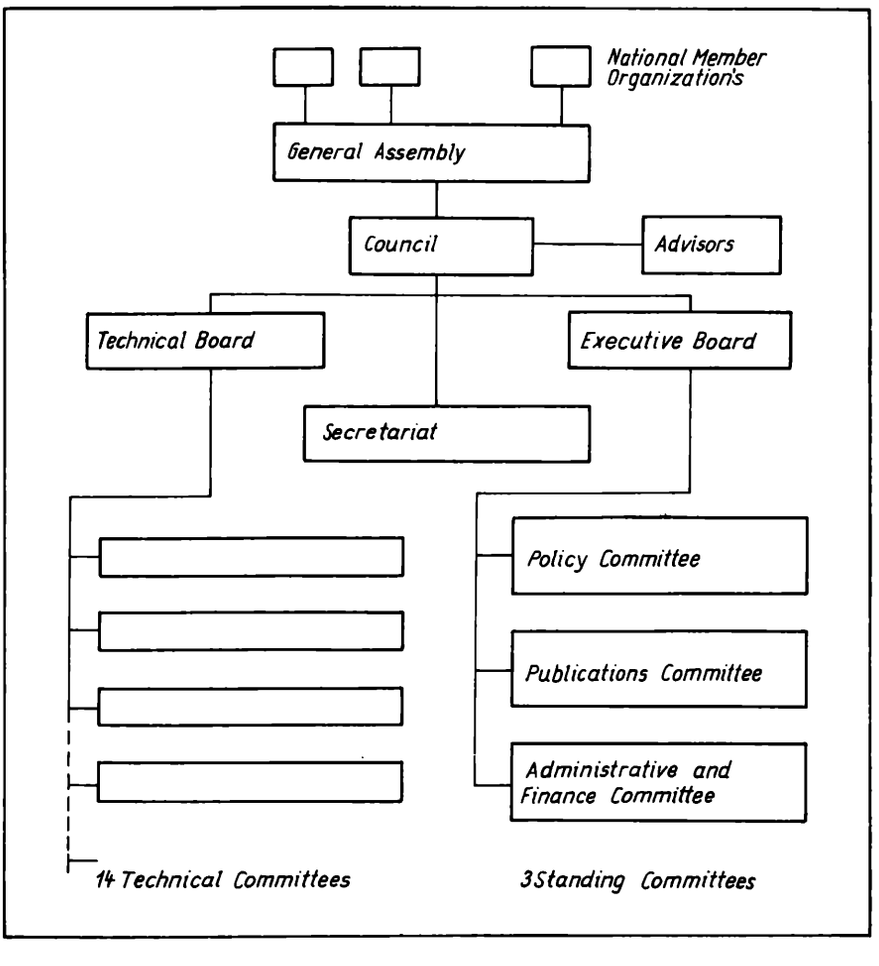
Versucht man eine allgemeine Einschätzung zu geben, so kann man sagen, daß dieser Kongreß weniger durch große theoretische Fortschritte als dadurch charakterisiert war, daß die in den zurückliegenden Jahren erarbeiteten wirkungsvollen Methoden der Steuerungs- und Systemtechnik in großer Breite in praktische Anwendungen überführt wurden (hierzu gehört die Anpassung dieser Methoden an die besonderen Anwendungsbedingungen). Die lange beklagte Lücke zwischen Theorie und Anwendung wurde — voran im Gastgeberland Japan — weitgehend überwunden. Wesentliche Voraussetzungen hierfür waren die Bereitstellung frei programmierbarer, für dezentralisierte Lösungen geeigneter Automatisierungsmittel durch die Mikroelektronik auf der Geräteseite sowie die Ausarbeitung von Methoden zum Aufbau übersichtlicher flexibler und zuverlässiger hierarchischer bzw. dezentraler Steuerungsstrukturen durch die moderne Systemtechnik auf der algorithmischen Seite. Beide Wege entsprechen sich. Hinzu kommt noch ein ideologisches Problem: die Bereitschaft der Anwender zur Einführung solcher Verfahren, wofür ein Horizont von wenigen Wochen oder Monaten keine ausreichende Grundlage abgibt. Die Industrie, aber auch die Wasser- und Landwirtschaft, Umweltforschung und Territorialplanung in Japan (und auch in anderen Ländern), die auch die ökonomische Seite bedacht haben, haben die Möglichkeit und Nützlichkeit der Anwendung moderner steuerungs- und systemtechnischer Methoden auf diesem Kongreß eindrucksvoll gezeigt.

Mit den im 3-Jahres-Rhythmus stattfindenden Weltkongressen und den in den beiden dazwischen liegenden Jahren durchgeführten Symposien und Workshops, deren jährliche Zahl inzwischen auf etwa 25 angestiegen ist, hat sich die IFAC zu einer der nach Aktivität und Anwendungsbreite bedeutendsten internationalen Organisationen entwickelt. 1956 wurde anläßlich einer Tagung in Heidelberg von einem Kreis von Wissenschaftlern und Ingenieuren (aus der DDR war damals Prof. *Kindler* dabei) der Anstoß zu ihrer Gründung gegeben, die dann ein Jahr später in Paris vollzogen wurde. Im September 1982 wird deshalb die IFAC ihr 25jähriges Jubiläum in Heidelberg begehen. Heute gehören ihr 42 Länder an, die durch nationale Organisationen (in der DDR ist das die WGMA in der KDT) vertreten werden.

Durch die von ihr mit großer Aktivität und hoher Kollegialität durchgeführten internationalen Begegnungen der führenden und der Nachwuchswissenschaftler auf dem Gebiet der Steuerungs- und Systemtechnik aus aller Welt und den daraus erwachsenden fachlichen Austausch hat die IFAC ganz wesentlich zum Fortschritt von Steuerungswissenschaft und -technologie in allen beteiligten Ländern beigetragen. Durch das Beispiel einer vorbildhaften internationalen Kooperation unter Achtung unterschiedlicher gesellschaftlicher Standpunkte leistet sie darüber hinaus einen wertvollen Beitrag für eine friedvolle und sichere Welt.

Anläßlich des Kongresses wählte das höchste Gremium der IFAC die von den

Bild 2. Struktur der IFAC



Vertretern der 42 Mitgliedsländer gebildete Generalversammlung, für die kommenden 3 Jahre den neuen Rat der IFAC (bisher Exekutivrat), dem in der Zwischenzeit die Leitung der IFAC obliegt. Dieser wird von dem Präsidenten geleitet, dem nach der neuen Konstitution (Bild 2) für die Anleitung der 14 technischen Komitees ein Vizepräsident für den technischen Bereich (das von ihm geleitete Technical Board ist Nachfolgeeinrichtung des Advisory-Commitee) und für die allgemeinen Fragen der Strategie, Verwaltung und Öffentlichkeitsarbeit (3 ständige Komitees) ein Vizepräsident für den Exekutivbereich zur Seite stehen, außerdem der 3 Jahre zuvor gewählte Nachfolgepräsident, der Schatzmeister und 7 weitere Mitglieder.
In Kyoto wurde Akademiker *Vamos* (Ungarische VR) als Nachfolger von Prof. *Sawaragi* (Japan) in das Amt des Präsidenten, Prof. *Thoma* (BRD) in das des Nachfolgepräsidenten, Akademiker *Tamm* (UdSSR) als Vizepräsident Technik gewählt. Von der DDR gehört Prof. *Reinisch* dem Rat der IFAC an. Ständiger IFAC-Sekretär ist Prof. *Margulies* (Österreich) mit dem ständigen Sitz des IFAC-Sekretariats in Laxenburg.
Auf den 3tägigen Sitzungen des alten Exekutivrates, an denen als Mitglied auch Prof. *Reinisch* teilnahm, wurde insbesondere die neue Konstitution der IFAC nach mehrjährigen Diskussionen und Verbesserungen abschließend beraten, die dann von der Generalversammlung bestätigt und in Kraft gesetzt wurde. Beraten und bis zur nächsten Ratssitzung zur Erprobung angenommen wurden auch Durchführungsbestimmungen zur Konstitution. Diese neue Konstitution ermöglicht insbesondere eine straffere Anleitung und Koordinierung der — vor allem in den 14 technischen Komitees erfolgenden — Aktivitäten durch den Rat, eine bessere Unterstützung des Präsidenten durch Übertragung einiger Aufgaben auf die Vizepräsidenten, eine Dezentralisierung verschiedener Entscheidungsprozesse und eine Anpassung der Komiteebezeichnungen an die tatsächlichen Aufgabenstellungen.
Zum ersten Mal verliehen wurde die zu Ehren des beim Bergsteigen tödlich verunglückten, um die IFAC sehr verdienten Exekutivratsmitgliedes Prof. *Quazza* (Italien) gestiftete Medaille. Sie erhielt der ehemalige IFAC-Präsident Prof. *Coales* (Cambridge/GB) für seine langjährigen großen Verdienste um die IFAC und seine bedeutenden wissenschaftlichen Leistungen. In der festlichen Abschlußveranstaltung des Kyotoer Kongresses wurde die internationale Kommunität der Steuerungsingenieure durch den neuen Präsidenten, Akademiker *Vamos*, für den 2. bis 6. Juli 1984 zum nächsten IFAC-Weltkongreß nach Budapest eingeladen. Wir wollen das unsrige tun, daß die DDR durch eine an Zahl und Aktivitäten starke Delegation zum Gelingen dieses Kongresses einen guten Beitrag leistet.

msr 7595 *K. Reinisch*

Erstes IMEKO-Symposium Temperaturmessung in Wissenschaft und Industrie

In den Jahren 1975 und 1978 wurden von der Tschechoslowakischen Wissenschaftlich-Technischen Gesellschaft, der Schwesterorganisation der KDT, in Prag zwei internationale Symposien zur Temperaturmeßtechnik durchgeführt. Nach Gründung des Technischen Komitees Temperaturmessung (TC 12) der IMEKO anläßlich des IX. IMEKO-Kongresses 1979 in Moskau übernahm das TC 12 die Trägerschaft über diese erfolgreich begonnene Veranstaltungsreihe.
Das 1. Symposium „Temperature Measurement in Industry and Science" fand vom 20. bis 22. Oktober 1981 in Karlovy Vary (ČSSR) statt. Das nationale Organisationskomitee der ČSSR hatte im Grandhotel Moskva für die 140 Teilnehmer aus 17 Staaten Europas, Amerikas und Asiens sehr gute Voraussetzungen für einen interessanten und erfolgreichen wissenschaftlichen Erfahrungsaustausch geschaffen. Aus der DDR nahmen 10 Fachleute aus Forschung und Industrie mit 4 Vorträgen teil.
Über 40 Vorträge in fünf Sektionen und ein abschließendes Rundtischgespräch zur berührungsfreien Temperaturmessung gaben einen ausgezeichneten Überblick über den international erreichten Stand und die Entwicklungsrichtungen auf wichtigen Teilgebieten der Temperaturmeßtechnik.

1. Probleme der Internationalen Praktischen Temperaturskala (IPTS) — Fixpunkte, Kalibration, Entwicklung

Eine ausführliche Übersicht über die Entwicklungstrends einer neuen IPTS gaben *W. Thomas* und *W. Blanke* (BRD). Die derzeitige IPTS-68 weicht nach neueren Messungen zu stark von der thermodynamischen Temperaturskala ab. So wurde z. B. die Siedetemperatur des Wassers im NBS (USA) zu 99,925 °C bestimmt. Außerdem weist die IPTS-68 in wichtigen Teilbereichen zu große Darstellungsunsicherheiten bzw. eine zu geringe Reproduzierbarkeit auf. Aus diesen und anderen Gründen wird sich eine neue IPTS in folgenden Punkten von der IPTS-68 unterscheiden:

- Ersatz des Pt-PtRh-Thermoelen ents (Unsicherheit $\leq$ 0,2 K) als Interpolationsinstrument durch ein Hochtemperatur-Platin-Widerstandsthermometer (angestrebte Unsicherheit $\leq$ 0,02 K) im Temperaturbereich möglichst bis zum Goldpunkt (1064 °C);
- genereller Übergang zu Metall-Erstarrungspunkten, Tripelpunkten und Übergängen in festen Phasen als Fixpunkte;
- Erweiterung der unteren Grenze von derzeit 14 K bis zu 0,5 K.

Ob, wie derzeit geplant, bereits 1987 eine neue, wesentlich verbesserte IPTS vereinbart werden kann, hängt von den Ergebnissen der gegenwärtig in verschiedenen Ländern intensivierten Untersuchungen geeigneter Fixpunkte und den Bemühungen um den reproduzierbaren Bau hochstabiler Platin-Hochtemperatur-Widerstandsthermometer ab.
In diesem Zusammenhang wurde von den gleichen Autoren über die Vermessung der Tripelpunkttemperaturen von Methan und Argon berichtet. Mit hochreinen Gasen ($x = 0.999999$) wurden sie in adiabatisch arbeitenden Tripelpunktzellen in einem neuentwickelten Durchfluß-Kryostat zu $T_{68} = 83{,}7977$ K (Ar) bzw. $T_{68} = 90{,}6865$ K (CH_2) mit einer Gesamt-Unsicherheit von ± 0.7 mK bestimmt. Sie können als Ersatz für den Sauerstoff-Siedepunkt vorgesehen werden.
G. T. Furukawa (USA) gab in zwei Vorträgen eine Zusammenfassung grundlegender Untersuchungen des National Bureau of Standards zu Fixpunkten und zur Temperaturmessung unterhalb und oberhalb 0 °C. So wurden die Tripelpunkt-Temperaturen von Argon, verschiedener Neon-Isotope, Quecksilber, Gallium, Rubidium und Indium und ihre Realisierungsunsicherheiten ermittelt. Neben Studien zur derzeitigen provisorischen Temperaturskala (EPT-76) im Bereich 0,5 ... 30 K wurde eine Tieftemperaturskala für den Bereich 0,01 ... 0,5 K mit Hilfe von Supraleitungs-Fixpunkten verschiedener Materialien (W, Be, Ir, $AuAl_2$, $AuIn_2$) realisiert.
Von derzeit in Entwicklung befindlichen Tunneldioden-LC-Oszillatoren mit einer Frequenzinstabilität von 10^{-8} bis 10^{-9} im Bereich 0,025 ... 400 K erwartet man eine Auflösung bis zu 10 µK und eine Reproduzierbarkeit von ± 100 µK. Bei neueren Ausführungen von Wasser-Tripelpunkt-Zellen wurden Differenzen untereinander auf ± 20 µK beschränkt. Die Erstarrungstemperaturen von Zinn und Zink können in einem Spezialofen auf $\pm 0{,}2$ mK über eine Zeit von 7 h konstant gehalten werden.
Die Untersuchung der Langzeitstabilität der 1971 in Australien entwickelten Nicrosil-Nisil-Thermoelemente bei Temperaturen von 1100 °C brachte neben einigen Ausfällen nach 1400 ... 1800 h eine maximale Drift bei Einzelexemplaren von 4 K nach 3000 h.
Mit einem neuentwickelten Hochpräzisions-Gasthermometer konstanten Volumens werden gegenwärtig die Abweichungen der IPTS-68 im Bereich 273 bis 1337 K neu bestimmt. Bei allerdings nur einzelnen Exemplaren von Hochtemperatur-Platin-Widerstandsthermometern konnte nach 1000 h bei 1100 °C eine R_0-Änderung von 10^{-4} und eine Änderung des Widerstandsverhältnisses W_{100} kleiner 0,00002 nachgewiesen werden.
Von *M. Borovicka u. a.* (ČSSR) wurde Aluminium als Fixpunkt der IPTS untersucht. Mit der entwickelten Meßeinrichtung konnte ein Haltepunkt von 2 ... 24 min erreicht werden. Mit verschiedenen Präzisions-Thermometern wurde eine Langzeitstabilität über meh-

rere Jahre im Bereich von ±2 mK ermittelt. Die Standardabweichung zwischen mehreren Fixpunkteinrichtungen betrug ±1,36 mK für die Erstarrungstemperatur von 660,462 °C. Damit erscheint die Aluminium-Erstarrungstemperatur als primärer Fixpunkt der IPTS geeignet.

Über die Realisation des Gold-Erstarrungspunktes wurde von *Zhao-Qi* (VR China) berichtet. Für den entwickelten schwarzen Strahler und einen dazu eingesetzten speziellen fotoelektrischen Komparator wurde eine erreichte Unsicherheit von ±0.1 K angegeben.

F. Pavese (Italien) führte einen Vergleich der IPTS-68-Realisation im VNIIFTRI (UdSSR) und im IMGC (Italien) mit sowjetischen Referenz-Platin-Widerstandsthermometern durch. Diese Tieftemperatur-Normal-Thermometer zeigten dabei eine Änderung ihres Grundwiderstandes von weniger als 10^{-5} über 6 Jahre.

Ein Ölbad für den Hochgenauigkeitsvergleich von Thermometern, vorgestellt von *P. Marcarino u. a.* (Italien) für den Temperaturbereich von 20 ... 200 °C zeichnet sich durch eine zeitliche Temperaturkonstanz von 0,2 bis 0,5 mK und einen Temperaturgradienten von 20 µK/m aus.

Ein spezielles SQUID-Rausch-Thermometer für Temperaturen zwischen 0,5 und 4,2 K wurde von *A. Hoffmann* (Berlin (West)) entwickelt. Die Rauschspannung des Widerstands wird dabei über den Josephson-Effekt in eine Frequenzänderung umgewandelt (SQUID-Arbeitsfrequenz 300 MHz). Die Temperatur kann über die Varianz einer Vielzahl ($2 \cdot 10^6$) Frequenzmessungen berechnet werden. Für eine Temperatur sind deswegen Meßzeiten bis zu 12 h notwendig, um eine Meßunsicherheit von 0,05% zu erreichen. Es ist als primäres thermodynamisches Thermometer für den unteren Bereich der EPT-76 geeignet.

Von *E. Fay* (BRD) wurde über die Bemühungen gesprochen, mit Hilfe eines Systems von Temperatur-Kontroll-Messungen durch die westeuropäischen Kalibrierdienste eine gegenseitige Anerkennung von Prüfzeugnissen zu erreichen, eine im RGW seit Jahren selbstverständliche Voraussetzung für die internationale technische und kommerzielle Zusammenarbeit.

Bei der Entwicklung von Fixpunktzellen am Nationalinstitut für Metrologie wiesen *G. Bonnier* und *A. Moser* (Frankreich) nach, daß die zwischen einzelnen Zellen auftretenden Temperaturdifferenzen ihre Ursache nicht nur im Grad der Verunreinigung mit Fremdstoffen, sondern auch in den unterschiedlichen thermischen Betriebsbedingungen haben. Das Verhältnis der latenten Schmelz- oder Verdampfungswärme zur spezifischen Wärmeleitfähigkeit wurde als entscheidend für die Wahl des Temperierprinzips der Zellen (permanente Heizung oder kalorimetrische Methode) ermittelt. Für hohe Temperaturen wurden gerührte Flüssigkeitsbäder, Fluidbäder, Heat pipes und 3-Zonen-Öfen genauer untersucht; für tiefe Temperaturen (Tripelpunkt von Ar und O_2) wurde eine spezielle Zelle mit 9 cm³ Volumen entwickelt und in mehreren Ländern erfolgreich getestet.

2. Strahlungs-Temperaturmessung

In dieser Vortragsreihe reichte das thematische Spektrum vom Hauptproblem der Strahlungstemperaturmessung — dem Einfluß des Emissionsgrades auf das Meßergebnis — über die Vorstellung neuer Meßverfahren und gerätetechnischer Lösungen bis zu praktisch ausgeführten Anwendungsbeispielen in Wissenschaft, Industrie und Medizin.

In einer systematischen Übersicht über die Probleme bei der Verringerung des Einflusses des Emissionsgrades in der berührungsfreien Temperaturmessung ordnete *L. Walther* (DDR) die verschiedenen Möglichkeiten in die Gruppen

- Messung des Emissionsgrades
- künstliche Erhöhung des Emissionsgrades
- Verringerung bzw. Eliminierung des Einflusses.

Besonders im Niedertemperaturbereich werden in Zukunft Meßgeräte mit 2 bis 3 Arbeits-Wellenlängenbereichen und integrierten Mikrorechner das letztgenannte Ziel erreichen können.

In seinem Beitrag Optische Pyrometrie mit variabler spektraler Emissivität benutzt *D. Ja. Svet* (UdSSR) einen einfachen Näherungsansatz für die mathematische Beschreibung der Abhängigkeit des Emissionsgrades von der Wellenlänge als Grundlage für die Berechnung eines invarianten Korrekturwertes. Als Beispiel wird die Bestimmung der Korrekturwerte eines Zweifarben-IR-Pyrometers über eine Kalibrierung an einer Wolframbandlampe angeführt, die zu einer Reduzierung der Meßfehler bei geschmolzenem Stahl auf nur 5 K führte.

K. M. Berry (Großbritannien) stellte Ergebnisse seiner Untersuchungen zur „emissionsgradfreien" Temperaturmessung mit Hilfe der Polarisations-Pyrometrie am NPL vor. Mit einem Polarisationsfilter auf Barium-Fluoridbasis und 0,25 µm Gitterabstand wurden mit einem gekühlten Indium-Antimonid-Detektor bei einer Wellenlänge von 5,06 µm gute Übereinstimmungen der gemessenen und der wahren Temperatur an polierten und mattierten Metalloberflächen im Bereich 200 ... 500 °C erreicht.

Mit der Messung von Oberflächentemperaturen an optisch semitransparenten Materialien beschäftigten sich *Ju. K. Lingart* und *V. A. Petrov* (UdSSR). Zur Untersuchung des Kristallisationsprozesses von Saphir und Rubin wurde für den Temperaturbereich von 1000 ... 2500 K ein spezielles Pyrometer mit einem pyroelektrischen Detektor, einem Calciumfluorid-Objektiv und einem mit Indiumantimonid überzogenen Germanium-Kondensor entwickelt, das ein Distanzverhältnis von 1:500, eine Auflösung von 0,5 K bei einer Meßunsicherheit von 0,7% und eine Einstell-Zeitkonstante von 0,5 s besitzt.

Ein praktisches Beispiel der entscheidenden Vorteile der Strahlungstemperaturmessung für bestimmte Meßaufgaben demonstrierten *G. Dittmar u. a.* (DDR) mit der berührungsfreien Temperaturmessung am Herz. Mit zwei an der TU Dresden entwickelten Telepyrometern für den Niedertemperaturbereich können die Temperaturen des Herzmuskels während der Operation aus Entfernungen von 1 ... 5 m gemessen werden. So wird dem Operationsteam eine für den Operationsverlauf wesentliche Information ohne jede Beeinträchtigung der Arbeitsmöglichkeiten und ohne zusätzliche Belastung des Patienten gegeben.

3. Gerätetechnik in der industriellen Temperaturmessung

Diese Sektion umfaßte Beiträge zu neuen Temperatursensoren, Zusatzeinrichtungen und zu verschiedenen industriellen Einsatzfällen.

M. Loggini (Italien) sprach über die Realisierung eines speziellen Temperatursensors. Dabei wurde ein Dünnfilm-Nickel-Widerstand auf einem Keramikzylinder durch Vakuum-Aufdampfen oder Sputtern hergestellt. Der Flächenwiderstand und der Temperaturkoeffizient der Sensoren konnte mit der an die Targets angelegten Spannung und die anschließende thermische Behandlung in weiten Grenzen beeinflußt werden. Diesen Sensoren mit einer nicht standardisierten Kennlinie stellte *H. Fullager* (Großbritannien) die Entwicklung, Produktion und Anwendung von Dickfilm-Platin-Widerstandsthermometern mit der international standardisierten Kennlinie gegenüber. Für den geforderten hohen Temperaturkoeffizienten wird auf chemischem Wege hergestelltes Platinpuder mit einem Legierungszusatz verwendet. Mit einer speziellen Glasfritte und einem organischen Binder wird daraus eine Paste hergestellt, aus der mit Siebdruck (Fadenabstand 0,127 mm) ein mäanderförmiger Leiterzug auf eine Keramikunterlage aufgedruckt wird. Der Abgleich auf den geforderten Widerstandsgrundwert (100 Ω) erfolgt in zwei Stufen durch einen Laser. Die kleinste Baugröße für einen Pt-100-Meßwiderstand beträgt derzeit (3 × 15 × 1) mm³. Die weitgehend automatisierte Sensorfertigung wird durch eine ausgereifte Konfektionierungstechnologie ergänzt, die eine Vielzahl für verschiedene Anwendungsfälle zugeschnittener Temperaturfühler ermöglicht.

Von *L. Jedrzejczak* (VR Polen) wurde eine temperaturstabilisierte Thermoelement-Vergleichstelle mit integriertem Eingangsverstärker für digitale Schalttafel-Thermometer vorgestellt. In einem isolierten Gehäuse von (20 × 20 × 20) mm³ sind das Vergleichs-Thermoelement, ein Thermistor und eine Operationsverstärkerschaltung, thermisch gut miteinander

verbunden, untergebracht. Die erreichte Temperaturkonstanz beträgt ±0,9 K bei 60 °C in einem Umgebungstemperaturbereich von 5 ... 40 °C.

Die Kalibration von Thermoelement-Meßkreisen wird durch eine von *L. Feher* (Ungarische VR) beschriebene industriell gefertigte Referenzspannungsquelle wesentlich erleichtert. Die Unsicherheit der in Schritten von 50 K für alle Standard-Thermoelemente einstellbaren Ausgangsspannung beträgt ±0,02%, der Zusatzfehler der Vergleichstellen-Kompensation ±0,5 K.

Da auch in Zukunft ein wesentlicher Bedarf an nichtelektrischen Temperaturmeßgeräten mit Fernanzeige besteht und aus Sicherheits- und Preisgründen Quecksilber-Federthermometer an Bedeutung verlieren, wurden neue Hochdruck-Gas-Thermometer entwickelt. In einem Beitrag von *H. R. Winteler* (Schweiz) wurde theoretisch nachgewiesen, daß bei Drükken der inerten Füllgase von 5 ... 20 MPa eine gegenseitige Kompensation der durch Totvolumen, thermische Gefäßausdehnung und nichtideales Gasverhalten entstehenden Nichtlinearitäten erreicht werden kann. Die bei der vorgestellten neuen Baureihe im Temperaturbereich von −200 ... +800 °C mit Übertragungskapillaren bis zu 100 m erreichten Linearitätsabweichungen liegen unter 1% des jeweiligen Meßbereichs.

Zur Temperaturmessung an der Oberfläche von Dampfkesselwänden auf der Feuerungsseite wurden von *T. Kovacs* (Ungarische VR) 30 speziell kalibrierte direkt aufgeschweißte Thermoelemente benutzt.

L. Michalski und *K. Eckersdorf* (VR Polen) berichteten über die Lösung von Problemen bei der unmittelbaren Temperaturmessung von induktiv gehärteten Werkstücken mit gekerbter Oberfläche. Zur Anpassung an die Werkstück-Transport- und Aufheizgeschwindigkeit wurde ein fotoelektrisches Pyrometer mit Maximalwertspeicher eingesetzt. Zum Nachweis der Meßfehler wurden Testwerkstücke mit Platin-Thermoelementen versehen. Die dabei durch parasitäre Induktionsheizung, durch induzierte Spannungen und das dynamische Verhalten der Temperatursensoren hervorgerufenen Fehler wurden weitgehend kompensiert bzw. korrigiert.

Zur Temperaturmessung in der Schnittzone von Werkzeugmaschinen griff *F. Alpek* (Ungarische VR) auf den Vorschlag zurück, die an der Berührungsstelle der beiden Elemente Werkzeug und Werkstück entstehende Thermospannung für die Messung zu benutzen. Unter Laborbedingungen konnten nach Angaben des Autors wesentliche Probleme, z. B. die Meßwertübertragung vom rotierenden Werkstück und die Kalibrierung, gelöst und wesentliche Fehlerquellen, wie die Inhomogenität der Thermoschenkel und die unkontrollierte Temperaturänderung der „kalten Lötstellen" weitgehend eliminiert werden.

Von *T. Boromisza* (Ungarische VR) wurde ein bereits seit längerer Zeit im Einsatz auf Erdöl- und Erdgasfeldern befindliches ferngesteuertes Eigensicheres Temperatur-Datenerfassungssystem in seiner Struktur und seinem gerätetechnischen Aufbau beschrieben.

4. Verhalten von Temperatur-Sensoren und -Meßgeräten

Mit der statischen Kennlinie von Thermoelementen und ihrer Drift beschäftigten sich gleich vier Beiträge des Symposiums. Zunächst gaben *G. Coggiola* und *R. Perissi* (Italien) eine Analyse der Kalibrationsdaten von Edelmetall-Thermoelementen. Sie kamen zu dem Ergebnis, daß die statische Kennlinie der weitaus meisten untersuchten Thermoelemente mehrerer Hersteller im Temperaturbereich zwischen 400 und 1000 bzw. 1500 °C negative Differenzen zur standardisierten Sollkennlinie aufweisen und zu einem erheblichen Teil auch im Neuzustand den zulässigen Toleranzbereich nach unten überschreiten.

In zwei nur schriftlich vorgelegten Aufsätzen (Thermoelement-Temperaturmessung — eine zeitgemäße Einführung; Beitrag zur Abschätzung der Drift von Chromel/Alumel- und Nicrosil/Nisil-Thermoelementen) kommen *F. Mathieu* u. a. (Belgien) zu der durch zahlreiche Versuchsergebnisse gestützten These, daß zur Abschätzung der Drift von Thermoelementen die Annahme von homogenen Thermoschenkeln nicht ausreicht. Es muß vielmehr von einem Modell mit bleibenden und veränderlichen Inhomogenitäten längs der Thermodrähte ausgegangen werden, die über die Temperaturgradienten zu Fehlerspannungen führen.

M. Betak (ČSSR) schlug vor, statt der für die verschiedenen Thermoelemente in den Standards vorgesehenen unterschiedlichen und vielgliedrigen Polynome (bis 20. Ordnung) zur Berechnung der statischen Kennlinie aus einer Tschebyschew-Approximation der Thermospannungswerte in Teilbereichen der Temperatur einfachere und einheitliche (bis maximal 3. Ordnung) Näherungsgleichungen zu benutzen.

G. Cieselski (VR Polen) verwendet Spline-Funktionen für die Umformung und Approximation von Thermoelement- und Widerstandsthermometer-Kennlinien. Damit können Mikrorechner unter Berücksichtigung der auftretenden Störungen und Parameterschwankungen in der Meßkette über eine optimale Umkehrfunktion die Meßgröße berechnen. Die optimale Teilung des Meßbereiches in Subintervalle, minimale Approximationsfehler und die Berücksichtigung von Änderungen der Sensorparameter sind wesentliche Vorteile dieser Approximation.

Mit den bekannten Grundlagen zum dynamischen Verhalten von Berührungsthermometern beschäftigten sich *R. K. Chohan* und *F. Abdullah* (Großbritannien) in ihrem Beitrag Mathematische Modellierung von kommerziellen Temperaturfühlern. Sie entwickelten verschiedene Modelle zur Nachbildung der gemessenen Übergangsfunktion eines Widerstandsthermometers.

S. Skoczowski (VR Polen) erläuterte eine mathematische Lösung zur Bestimmung des Temperatur-Meßfehlers bei Berücksichtigung der dynamischen Nichtlinearität des Sensors. Nichtlinearitäten können das dynamische Verhalten infolge der Temperaturabhängigkeit der thermischen Stoffwerte, nichtlinearer statischer Kennlinien und unterschiedlicher Wärmezufuhr- und -abgabebedingungen beeinflussen.

Mit den Möglichkeiten und Grenzen der Bestimmung der dynamischen Kennwerte von Thermometern unter Einsatzbedingungen setzten sich *F. Bernhard* und *G. Noack* (DDR) auseinander. Unter Benutzung *n*-gliedriger RC-Modelle wurde nachgewiesen, daß aus dem dynamischen Eigenerwärmungsverhalten (Test im Meßkreis) die wesentlichsten dynamischen Parameter gegenüber Mediumstemperaturänderungen mit geringer Unsicherheit bestimmt werden können. Diese Methoden gewinnen international an Bedeutung, neben der Anwendung zur adaptiven Optimierung von Temperaturregelkreisen auch für die automatisierte Überwachung von Temperatursensoren in (Kern-) Energieanlagen.

In dieser Vortragsreihe gaben *D. Hofmann* und *M. Hochbach* (DDR) unter dem Titel Anwendung von Mikrorechnern für die Berechnung und Korrektur von Temperaturfehlern eine Übersicht über Zielstellung und Aufbau des Inquamess-Praktikums des gleichnamigen KDT-Fernkurses.

Das dynamische Verhalten verschieden aufgebauter Thermoelemente wurde von *L. Chaloupka* u. a. (ČSSR) bei der Messung und Identifikation von thermischen Prozessen in metallurgischen Systemen untersucht und berücksichtigt.

5. Messung thermophysikalischer Eigenschaften

In dieser Vortragsgruppe standen moderne dynamische Meßmethoden für den Hochtemperaturbereich im Vordergrund. Ein hervorragendes Beispiel für die Möglichkeiten, aber auch für den notwendigen Aufwand dieser Technik gaben *F. Righini* und *A. Rosso* (Italien) mit einer Impuls-Technik für die Messung thermophysikalischer Eigenschaften. Durch Erhitzen einer Materialprobe mit Hilfe eines Hochstromimpulses können in Sekundenbruchteilen die Abhängigkeit der Wärmekapazität, des elektrischen Widerstandes und des Emissionsgrades von der Temperatur sowie Schmelztemperatur und -wärme bestimmt werden. Voraussetzung für dieses Verfahren sind Hochgeschwindigkeitspyrometer, -AD-Wandler und -Meßwertspeicher mit zeitlichen Auflösungen im Millisekundenbereich und ein On-line-Steuer- und Auswerterechner.

Während bei diesen Untersuchungen Temperaturgradienten innerhalb der Probe nicht zu berücksichtigen sind, benutzten *L. I. Kiss* u. a. (Ungarische VR) als Grundlage bei ihren Untersuchungen dynamischer Methoden für die Messung thermophysikalischer Eigenschaften den zeitlichen Temperaturverlauf an verschiedenen Stellen einer zylindrischen Probe, wenn an einer (inneren) Oberfläche ein thermischer Impuls ausgelöst wird.
Die Messung der Temperaturleitfähigkeit und der spezifischen Wärme von Festkörpern mit einer Impulsmethode durch ein Zwei-Farben-Pyrometer wurde von *S. Wiśniewsky* und *I. Terpilowski* (VR Polen) dargestellt. Dabei wurden die Oberflächentemperaturen zu verschiedenen Zeitpunkten und die von der Probe aufgenommene Wärmemenge gemessen. Aus der größten Zeitkonstante der Antwortfunktion auf einen thermischen Impuls können dann die interessierenden Größen berechnet werden.
Die vollständigen Tagungsberichte des 1. Symposiums „Temperature Measurement in Industry and Science" des IMEKO-TC 12 liegen in englischer Sprache bei den Teilnehmern vor. Sie können auch über den Fachunterausschuß Temperaturmeßtechnik der WGMA ausgeliehen werden.

msr 7576 Doz. Dr.-Ing. *F. Bernhard*
Vorsitzender des IMEKO-TC 12

Ein Buch mit den vollständigen Vorträgen (in englischer Sprache) kann unter folgender Adresse angefordert werden:
Ing. Jiri Král, House of Technology, 11282 Prague 1, Gorkého nám. 23, Czechoslovakia.

Kolloquium Problemorientierte Programmsysteme in Mathematik, Natur- und Technikwissenschaften

Dieses Kolloquium fand am 15. und 16. Oktober 1981 an der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt im Rahmen der 7. Tage der Wissenschaft und Technik statt.
Mit der Thematik des Kolloquiums wurde eine für die Rechnernutzung in Forschung und Entwicklung wichtige Problematik aufgegriffen, zusammenhängend dargestellt und diskutiert. Aus der Anzahl der Teilnehmer — insgesamt 137 — ist ersichtlich, daß in den wissenschaftlichen Einrichtungen und der Industrie ein großes Interesse für die damit verbundenen Fragestellungen besteht.
Für die mit den problemorientierten Programmsystemen zusammenhängenden Fragen gibt es international zahlreiche Lösungsansätze und im Einzelfall anspruchsvolle Pilotlösungen; dennoch fehlt es dort, was man erkannt hat und sich gegenwärtig intensiv darum bemüht, an einem systematischen Zugang und einer Theorie.
Durch das Kolloquium sollte sichtbar werden, daß

- die Programmsysteme den modernen Tendenzen in der EDV-Nutzung entsprechen
- die Programmsysteme, die für die Lösung komplexer Aufgaben in Forschung und Entwicklung adäquate Softwarebasis darstellen
- die Anwendung der Programmsysteme in den Fachgebieten neue Möglichkeiten zur Problemlösung eröffnen, aber auch neue Anforderungen stellen
- zur Entwicklung von Programmsystemen eine formalisierte Aufbereitung (also Modell) des Einsatzgebietes unabdingbare Voraussetzung ist
- die anstehenden Aufgaben nur in interdisziplinärer Zusammenarbeit der Fachdisziplinen unter Einbeziehung der Informatik gelöst werden können.

In den Vorträgen, die die Entwicklung und Anwendung von Programmsystemen in Technikbereichen zum Gegenstand hatten, befaßten sich die Autoren mit CAD-Systemen der automatengestützten Projektierung (*P. Hupfer, P. Schulze*), dem Gebiet der Antriebstechnik und der Vorhersage des Verhaltens von Gestellstrukturen des Maschinenbaues (*F. M. Frenzel, F. Erfurt*), der technischen Produktionsvorbereitung im Maschinen- und Anlagenbau (*D. Herrig*) und dem rechnergestützten Entwurf von Karosserieformen (*P. Bonitz*). Programmsysteme für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich wurden für das Gebiet der Formelmanipulation (*K. Mätzel*) und zur Lösung von Matrizeneigenwertproblemen (*W. Lang*) diskutiert.
Im Vortrag über die Anwendung der Netzbeschreibungssprache NBS für den rechnergestützten Schaltkreisentwurf (*U. Büchner*) wurde ein effektives Beschreibungsmittel für umfangreiche, hierarchisch aufgebaute Schaltungsstrukturen (z. B. Logikschaltbild, Transistorplan) vorgestellt. Das Gesamtsystem zur Beschreibung und Aufbereitung von Netzen, die aus Elementen und Verbindungen bestehen, zum Zwecke der Schaltungsanalyse bzw. Simulation umfaßt außer der Sprache NBS noch das Programmsystem LEQ. Mit der NBS wurde ein einheitliches, weitgehend problemunabhängiges Beschreibungs- und Erfassungsmittel für einen mehrstufigen Schaltungsentwurfsprozeß und einheitliche Dokumentation geschaffen.
Die den Programmsystemen zur automatisierten Synthese von Schaltsystemen (*H. F. Heltzig*) zugrunde liegende Aufgabenklasse ist dadurch gekennzeichnet, daß der Aufgabenlösungsprozeß auf der Basis einer ausgereiften mathematischen Theorie gestaltet werden kann und innerhalb dieses theoretischen Rahmens eine gewisse Vielfalt von Algorithmen zur Realisierung des Lösungsprozesses verfügbar ist. Das Zusammenstellen von Lösungsstrategien und deren automatisierte Umsetzung auf der Grundlage durch Petri-Netze beschriebener Szenarien innerhalb des Systems RENDIS ist im Monolog und Dialog möglich.
Ein wichtiger Schritt bei der Analyse komplizierter technischer Systeme ist die Zusammenstellung des Differentialgleichungssystems, das das mathematische Modell der zu untersuchenden physikalischen Wirklichkeit darstellt. Durch die Anwendung der Formelmanipulation in Verbindung mit der Methode der Bindungsgraphen, die die systematische Zusammenstellung des Modells des Systems erlaubt, ist dieser Schritt durch ein geeignetes Programmsystem effektiv ausführbar (*P. Pešina*).
Das Programmpaket (PP) Statistik setzte in seiner bisherigen Nutzungsform das Studium umfangreicher Systemunterlagen und das Erfassen einer großen Menge von Parameterkarten voraus. Durch die Einbeziehung des PP Statistik in das TSO wurde die interaktive Nutzungsform möglich (*H.-J. Boldt*). Dabei zeigte sich, daß Nutzer, die über solide Kenntnisse in der Statistik verfügen, nach einer kurzen Unterweisung am Terminal in der Lage sind, den Dialog ohne Schwierigkeiten zu führen.

Hohe Anforderungen werden bezüglich der Zuverlässigkeit an Programmsysteme zur Bedienung eines Fernmeßabtastsystems gestellt (*K. Schmidt*). Kennzeichen derartiger Programmsysteme ist eine hierarchische, formal beschreibbare Struktur. Mit einem derartigen System wurde unter anderem in den Jahren 1976 bis 1980 eine Vielzahl von Meßfolgen, die mit Hilfe des sowjetischen Wettersatelliten vom Typ Meteor erzeugt wurden, informationsverarbeitungstechnisch im täglichen Routineprozeß für die Gewinnung von meteorologischen Grundinformationen zur Wetterprognose bearbeitet.
Abschließend wurde über einige Tendenzen in der Entwicklung und Nutzung von Programmsystemen vorgetragen (*W. Mach*).
In einem Rundtischgespräch zu den Fragen der Aus- und Weiterbildung kam zum Ausdruck, daß die Einbeziehung der Programmsysteme in diese Prozesse neue Anforderungen an die inhaltliche Gestaltung und methodische Aufbereitung der Lehrveranstaltungen stellt.

Als Anforderungen und Tendenzen für nachfolgende Untersuchungen sind formulierbar, daß in interdisziplinärer Zusammenarbeit ein systematischer Zugang zur Entwicklung und Anwendung von Programmsystemen zu finden ist, der es ermöglicht, instrumentale Mittel zu entwickeln, um die mit den Programmsystemen (als Komponenten zur Verbesserung der Mensch-Maschine-Kommunikation) verbundenen Tätigkeiten zu rationalisieren.
Die Veröffentlichung der Vorträge erfolgt in der Wissenschaftlichen Schriftenreihe der TH Karl-Marx-Stadt.

msr 7588 *W. Mach*

10. Jahrestagung der HFR Numerische Mathematik

Die 10. Jahrestagung der Hauptforschungsrichtung (HFR) Numerische Mathematik fand vom 12. bis 16. Oktober 1981 an der TH Karl-Marx-Stadt im Rahmen der 7. Tage der Wissenschaft und Technik statt.

Die unter der Leitung von Prof. *F. Kühnert* (TH Karl-Marx-Stadt), Beauftragter für die HFR Numerische Mathematik, stehende Tagung vereinte insgesamt 110 Teilnehmer aus Universitäten, Hochschulen und der Akademie der Wissenschaften der DDR sowie Praxisvertreter aus Industriebetrieben, Kombinaten und Instituten. In insgesamt über 50 Fachvorträgen spiegelte sich die gewachsene Leistungsfähigkeit der in der HFR vereinigten Forschungskollektive wider, ebenso auch das Bestreben, verstärkt Probleme der Grundlagenforschung zu bearbeiten und dabei entstehende Teilresultate zur Lösung von Praxisaufgaben zu nutzen.

Die Teilnahme von namhaften Gästen vom Institut für Angewandte Mathematik der AdW der UdSSR und der Universität Moskau sowie von Instituten für Mathematik bzw. Informatik der AdW der ČSSR, der VR Polen, der Ungarischen VR, der VR Bulgarien, von den Universitäten Warschau und Wrocław unterstreicht auch die gewachsene internationale Bedeutung dieser Tagung. In diesem Jahr hielten insgesamt 9 Wissenschaftler der genannten Einrichtungen Vorträge über neuere Forschungsergebnisse.

Die Jahrestagung der HFR Numerische Mathematik hat traditionell den Charakter einer Berichterstattung und Abrechnung der im laufenden Jahr oder über einen größeren Zeitraum erzielten Forschungsleistungen der einzelnen der HFR angeschlossenen Nachauftragnehmer. Sie dient außerdem der Festigung und Koordinierung der Zusammenarbeit der in der HFR zusammengeschlossenen Einrichtungen und Forschungskollektive.

Zum disziplinären Untersuchungsobjekt der HFR Numerische Mathematik gehören vorrangig direkte und indirekte Aufgabenstellungen für partielle Differentialgleichungen, gewöhnliche Differentialgleichungen und Integralgleichungen sowie Optimierungsaufgaben, die im Resultat von Modellierungsaufgaben physikalischer, technischer, technologischer und weiterer Prozesse entstehen. Zur Lösung dieser Aufgaben sind tiefgehende disziplinäre Untersuchungen vor allem auf dem Gebiet der Schaffung numerischer Strategien und Algorithmen erforderlich, die insbesondere solche Zweige, wie mathematische Physik, numerische Analysis, lineare und nichtlineare Algebra, Theorie endlichdimensionaler Räume, Approximationstheorie, betreffen. Hierbei ist sowohl die Modellgewinnung aus komplexen Aufgaben der Industrie (Technologien der Mikroelektronik, mikroelektronischer Schaltkreisentwurf, Modellierung automatischer Systeme, technologische Abläufe in Be- und Verarbeitungsmaschinen, Prozesse der chemischen Industrie, der Land- und Wasserwirtschaft u. a.) als auch die weitere Bearbeitung von Modellen, die in anderen HFR (Analysis, Strömungsmechanik u. a.) entstanden sind, zu nennen.

Das Ziel der Untersuchung von Modellen in der HFR Numerische Mathematik besteht vorrangig in der Gewinnung effektiver numerischer Verfahren zur Lösung der Aufgabenstellungen, die mit den betreffenden Modellen bzw. Modellklassen verbunden sind. Diese Lösungsalgorithmen sind dabei so zu gestalten, daß sie mit vertretbarem Aufwand auf verfügbaren Rechnern realisierbar sind. Eine bedeutende Aufgabe ist dabei die Schaffung von spezifischen Programmen bis hin zu Programmsystemen mit angepaßtem Automatisierungsgrad, großer Nutzerfreundlichkeit und multivalenten Einsatzmöglichkeiten.

Im wissenschaftlichen Programm der Jahrestagung 1981 lag der Schwerpunkt auf den numerischen Methoden für Gleichungen der mathematischen Physik; das Vortragsprogramm gliederte sich in die vier Komplexe:

- Numerische Methoden für partielle stationäre und instationäre Differentialgleichungen
- Numerische Methoden für gewöhnliche Differentialgleichungssysteme
- Numerische Verfahren für endlichdimensionale lineare und nichtlineare Gleichungssysteme sowie Optimierungsaufgaben
- Numerische Methoden für nicht klassische Aufgaben (u. a. Parameteridentifikation) sowie weitere Problemstellungen.

In den Vorträgen wurde beispielsweise über neuere Resultate zu numerischen Methoden der Gasdynamik berichtet, die im Fahrzeugbau (Verbrennungsmotoren) angewendet werden. Mit Hilfe numerischer Methoden für elliptische und parabolische Differentialgleichungen, insbesondere des Differenzenverfahrens und der Methode der finiten Elemente, wurden u. a. auch Probleme in der Mechanik, Elektronik, Halbleiterphysik, Elektromagnetik, Wärmeleitung und bei chemischen Prozessen näherungsweise gelöst und Beiträge zur disziplinären Grundlagenforschung innerhalb der HFR vorgestellt.

In weiteren Vorträgen wurden numerische Methoden für die Analyse elektrischer Netzwerke untersucht, die zunehmend Bedeutung erlangen. Bekanntlich führen diese Probleme auf nichtlineare Algebro-Differentialgleichungssysteme, deren Diskretisierung nichtlineare Gleichungssysteme großer Dimension mit Sparse-Struktur erzeugt. Neben numerischen Methoden für Anfangswertaufgaben für gewöhnliche Differentialgleichungssysteme werden auch einschlägige Verfahren für Zwei-Punkt-Randwertaufgaben zunehmend bearbeitet.

Zahlreiche Beiträge waren der Grundlagenforschung auf dem Gebiet numerischer Methoden für allgemeine Operatorgleichungen, partielle Differentialgleichungen, Integralgleichungen, inverse Aufgaben, z. B. Parameteridentifikation in partiellen Differentialgleichungen, sowie den numerischen Verfahren zur Lösung linearer und nichtlinearer Gleichungssysteme einschließlich Optimierungsaufgaben gewidmet.

Einen weiteren Schwerpunkt in den Vorträgen bildete die Schaffung von problemorientierten Programmsystemen.

Solche Systeme entstanden in der Vergangenheit z. B. zum Eigenwertproblem bei Matrizen, zur Lösung nichtlinearer Gleichungssysteme und zu Optimierungsaufgaben. Die hier gewonnenen Erfahrungen werden bei der Schaffung eines umfassenden Algorithmenpakets der numerischen Mathematik durch eine Forschungsgruppe der AdW der DDR genutzt.

Die Jahrestagung 1981 wurde durch eine Problemdiskussion zum Thema „Modelle der Natur- und Technikwissenschaften und ihre Realisierung durch numerische Methoden" bereichert, die die Tagungsteilnehmer gemeinsam mit Ingenieuren und weiteren Wissenschafts- und Praxisvertretern gestalteten.

msr 7590 *B. Heinrich*

Fachtagung „Fortschritte in der BMSR-Technik durch Einsatz der Mikrorechentechnik in der chemischen Industrie"

Der Fachausschuß Meß- und Gerätetechnik im Fachausschuß MSR-Technik des Fachverbandes Chemische Technik der KDT veranstaltete auch in diesem Jahr wieder eine Fachtagung. Sie fand am 28. Oktober 1981 in Schkopau statt. Herstellern und Anwendern von Automatisierungsmitteln wurden zu o. a. Thema Informationen, Anregungen und die Möglichkeit zum Erfahrungsaustausch gegeben.

Im Übersichtsvortrag sprach *W. Richter* (TH Leipzig) über die Anwendung von Sensoren in der Chemieindustrie. Benötigt werden Sensoren, im Sinne der Meßtechnik Meßfühler, die hinreichend genau, preiswert und zuverlässig eine rechnerkompatible Informationsgewinnung realisieren. Mögliche Wandlungsprinzipien für Meßgrößen der Chemieindustrie und international bereits angebotene Realisierungen wurden vorgestellt. Besonders aussichtsreich erscheinen verschiedene Widerstandseffekte und kapazitiv-frequenz-analoge Prinzipien; die nächsten Jahre lassen interessante Entwicklungen erwarten.

Mit drei Vorträgen waren die Hersteller von Automatisierungsmitteln vertreten: *J. Sawatzky* (VEB GRW Teltow) sprach

über die Besonderheiten und technischen Parameter des neuen Automatisierungssystems PVM 5000. *H. Gottschalk* (IfR Berlin) stellte die verbindungsprogrammierte Steuerung ursalog 4000 und die speicherprogrammierbare Steuerung ursalog 5010 vor. *A. Harmuth* (VEB Numerik Karl-Marx-Stadt) informierte über die programmierbare Steuerung PS 2000/1, die sich für Steuerungen kleineren Umfangs anbietet.

Die Anwender berichteten in vier Vorträgen über realisierte bzw. bevorstehende prozeßnahe erste Einsatzfälle des K 1510: *P. Heinrich* (VEB Chemisches Kombinat Bitterfeld) schilderte einen Einsatz bei der Schmelzflußelektrolyse von Aluminium; ein Rechner überwacht über Strom- und Spannungsmessung sieben Elektrolysebäder, berechnet und prognostiziert den Bad-Widerstand und steuert ihn durch Anodenverstellung.

J. Hungenbach (VEB Leuna-Werke „Walter Ulbricht" Leuna) stellte eine Kesselwagen-Abfülleinrichtung vor; zwei Verladerechner steuern den Abfüllvorgang, ein Sortierrechner übernimmt die Versandmeldungen und bearbeitet sie weiter. *C.-D. Deich* (VEB Kombinat „Otto Grotewohl" Böhlen) informierte über einen geplanten Rechnereinsatz bei der Bilanzierung von acht Gasströmen; aus insgesamt 25 Meßgrößen (Differenzdruck, Druck, Temperatur, Dichte) erfolgen unter Berücksichtigung der zustandsabhängigen Kompressibilitätszahlen Echtzeit-Zustandskorrektur und Zählung der Gasmengen. Die Messungen sind für den rechtsgeschäftlichen Verkehr vorgesehen.

L. Bökelmann (VEB Kombinat Chemische Werke Buna Schkopau) sprach über ein spezielles Mikrorechner-Einsatzsystem. Es handelt sich um autarke, bildschirmorientierte Einheiten, die zur Meßwerterfassung und -aufbereitung, als Beratungsrechner, als Mehrkanalregler eingesetzt und bis zu hierarchischen Strukturen erweitert werden können.

Mit etwa 230 Teilnehmern war die Fachtagung gut besucht; ihr Verlauf bewies, daß sie ihrem Anliegen gerecht geworden war, ohne die Thematik erschöpfend zu behandeln. So bedürfen die Fragen der Abgrenzung weiterer Erfahrungen; auch sollte — wie abschließend betont wurde — eine weitere Fachtagung sich den durch die neuen Automatisierungsmittel entstandenen Problemen der Weiterbildung für die Fachkader der Chemieindustrie widmen.

msr 7569 *P. Cschornack*

msr BUCHBESPRECHUNGEN

Grundlagen der Theorie automatischer Systeme. Von *Ja. S. Zypkin.* Berlin: VEB Verlag Technik 1981. 484 Seiten, zahlr. Bilder und Tafeln, 65,— Mark. Bestell-Nr. 552 963 7

Dargelegt werden Grundlagen der Theorie automatischer Systeme und der darauf beruhenden Entwicklungsprinzipien. Dabei steht die Beschränkung auf die wesentlichen Züge der Theorie und eine Heraushebung und Diskussion der Ergebnisse der Theorie im Hinblick auf eine Anwendung im Vordergrund.

Gegliedert ist das Buch in drei Hauptteile mit 38 Abschnitten. Im I. Hauptteil werden Aufgaben, Eigenschaften, Besonderheiten, Typen automatischer Systeme und die Aufgaben der Theorie erörtert. Das soll als Grundlage für die Formulierung und Lösung von Aufgaben der automatischen Steuerung dienen.

Als II. Hauptteil folgt die Behandlung kontinuierlicher linearer und nichtlinearer automatischer Systeme. Der III. Hauptteil für die Erörterung diskontinuierlicher automatischer Systeme beansprucht wegen der EDV besonderes Interesse, zumal der Autor hier schon sehr wichtige und anspruchsvolle Monographien verfaßt hat. Auch in diesem Teil erfolgt eine Unterteilung in lineare und nichtlineare Impulssysteme.

Bei den Hauptteilen besticht die straffe und für kontinuierliche bzw. diskontinuierliche wie auch für lineare bzw. nichtlineare Systeme ähnliche Gliederung, die die Übersicht und Einsicht erleichtert. An mehrfach vorkommenden Stichworten für die 34 Abschnitte von II und III seien angeführt: Gleichungen/Kennlinien, Strukturen, Empfindlichkeit, erzwungene Prozesse, Stabilität, optimale Prozesse, stochastische Prozesse. Jedem der Abschnitte sind übrigens Aufgaben ohne Lösungen beigefügt. Durch die Beschränkung auf einen relativ kleinen mathematischen Apparat, so unter Verzicht auf die Methode des Zustandsraumes, wird vor allem dem Nachwuchs der Zugang zu der Erscheinungswelt der automatischen Steuerung erleichtert. Natürlich ist überall weiterführende Literatur angegeben.

Insgesamt beeindruckt das Buch durch die geschickte Auswahl der behandelten Gegenstände und durch die Knappheit und Klarheit der Darstellung. Es wird einem großen Leserkreis wärmstens empfohlen. B 1545 *H. Kindler*

Prozeßrechentechnik. Automatisierte Systeme mit Prozeß- und Mikroprozeßrechnern. Von *W. Fritzsch.* Berlin: VEB Verlag Technik 1981. 368 Seiten, 219 Bilder, 16 Tafeln, 28,— Mark. Bestell-Nr. 552 734 0

Der Einsatz frei programmierbarer digitaler Automaten in Automatisierungsanlagen gewinnt in letzter Zeit zunehmend an Bedeutung. Diese Tendenz wird verstärkt durch die Erfolge auf dem Gebiet der Mikroelektronik sowie durch die spezifischen Eigenschaften moderner Produktionsprozesse (große Produktionskapazitäten, geringere Stabilitätsreserven, größere Störanfälligkeit, Notwendigkeit der Verarbeitung großer Informationsmengen bei der Prozeßführung). Diesem Umstand muß sowohl in der industriellen Praxis (erhöhte qualitative und quantitative Forderungen an die Projektanten und Betreiber frei programmierbarer Automatisierungstechnik) als auch in der Lehre an Hoch- und Fachschulen Rechnung getragen werden.

Das Buch „Prozeßrechentechnik" von *W. Fritzsch* leistet einen Beitrag zur Lösung dieser Aufgaben. Ein ähnliches Werk liegt in deutscher Sprache noch nicht vor. Es wird eine echte Lücke geschlossen. Es ist zu empfenlen, im Rahmen der Lehrveranstaltungen „Prozeßrechentechnik" bzw. „Prozeßsteuerung" das Buch als Pflichtliteratur für die Studenten des Elektroingenieurwesens zu benutzen.

Außerdem ist es den Studenten der Verfahrens- und Verarbeitungstechnik für die Ausbildung auf dem Gebiet der Automatisierung zu empfehlen. Darüber hinaus kann es für die in der Praxis tätigen Ingenieure als Nachschlagewerk dienen. Das Buch ist als eine Einführung in die Prozeßrechentechnik und ihre Anwendung zu verstehen. Es ist in verständlicher Form geschrieben und logisch aufgebaut. Es fordert von den Lesern keine besonderen Voraussetzungen. In diesem Sinne trägt es Lehrbuchcharakter.

Hervorzuheben ist, daß die Mikroprozeßrechentechnik als eine Weiterentwicklung der bisher bekannten Prozeßrechentechnik aufgefaßt wird. Dadurch wird der manchmal vorhandenen Auffassung entgegengewirkt, daß die Mikrorechentechnik die Prozeßrechentechnik „ablöst". Konsequent werden im Buch die Funktion und die Aufgabe des Prozeßrechners in den Mittelpunkt gestellt und nicht die Besonderheiten der elektronischen Schaltungen zur Realisierung der Funktion des Prozeßrechners.

Als gelungen müssen auch die informationstheoretischen Betrachtungen der Arbeitsweise eines Prozeßrechners eingeschätzt werden. Die Beschreibung des Prozeßrechnerbetriebes mit Bedienungsmodellen trägt sehr zum Verständnis der spezifischen Eigenschaften eines Prozeßrechners bei. Die im Buch enthaltenen Zuverlässigkeitsbetrachtungen werden in dieser Form zum ersten Mal geschlossen für Automatisierungsanlagen und Prozeßrechner dargestellt. Das gleiche trifft auf den Abschnitt über Automatisierungsstrukturen zu. B 1539 *D. Balzer*

Mikroprozessorsysteme und Mikrorechner. Aufbau und Anwendung. Von *A. A. Vasenkov* (Red.) (in Russ.). Moskau: Sovetskoe radio 1980. 280 Seiten, 26 Tafeln, 113 Bilder.

Das Buch widmet sich der Projektierung und Anwendung von Mikroprozessorsystemen sowie Mikrorechnern. Beide — Projektierung und Anwendung — stellen komplexe Aufgabenstellungen dar, ihre Bewältigung erfordert gegenwärtig eine umfangreiche schöpferische Gemeinschaftsarbeit von Hersteller, Projektant und Anwender. Diese Notwendigkeit findet im Buch ihren Niederschlag — es wurde von einem großen Kollektiv sowjetischer Spezialisten erarbeitet.
Nach einer knappen Einführung in die Besonderheiten der Entwicklung von Mikroprozessorsystemen sowie einem Überblick über den sowjetischen und internationalen Stand der Entwicklung von Mikroprozessoren werden Mikrorechner sowie insbesondere die Besonderheiten ihrer Architektur behandelt. In selbständigen Kapiteln stellen die Autoren die Struktur von Mikroprozessoren und Mikroprozessorsystemen vor. Untersucht werden Mikroprozessor-Funktionseinheit, Speicher-Funktionseinheiten sowie deren Realisierung auf der Grundlage der Hochintegration.
Als konkrete Anwendungen demonstrieren die Autoren die Mikrorechnerreihe „Elektronika NC" sowie insbesondere den Mikrorechner „Elektronika NC 03T". Dabei enthält das Buch ausführliche Konstruktionsunterlagen, das Kommandosystem sowie die Software.
Die Effektivität der Anwendung von Mikrorechnern hängt weitgehend von den Möglichkeiten der Interfacebausteine ab. Entsprechende Eingabe/Ausgabe-Bausteine und Peripherie-Bausteine einschließlich der Möglichkeiten des unmittelbaren Mensch-Maschine-Dialogs werden dargelegt. Abschließend zeigen die Autoren eine breite Palette von Anwendungsmöglichkeiten und praktischen Realisierungen auf.

B 1505 *J.-A. Müller*

Mikroprozessor-Software. Entwicklung und Programmierung. Von *F. G. Duncan.* München/Wien: Carl Hanser Verlag 1980. 381 Seiten.

Ausgehend vom Prinzip der gegenwärtig vorherrschenden Architektur eines Mikroprozessors und auswertend aufbauend insbesondere auf den Erfahrungen mit den Typen INTEL 8080 und 8085 sowie MOTOROLA 6800 und ZILOG 780 wird im vorliegenden Buch spezieller Wert darauf gelegt, in verallgemeinerter Weise die Basis-Software eines Mikroprozessors so darzustellen, daß sie auch „technisch" verständlich wird. Damit werden für den Leser die der Mikroprozessortechnik Rechnung tragenden Entscheidungen erkennbar, die im wesentlichen den optimalen Entwurf eines Programmes beeinflussen und den Charakter eines effektiven Mikrorechnerprogrammes prägen. Dazu wird zunächst eine Übersicht zu den gerätetechnischen Aspekten gegeben, die für eine optimale Programmierung wesentlich sind. Als Basis für die weiteren Darstellungen wird dann eine allgemeine Notation vorgestellt, die aus einer Verallgemeinerung der Instruktionsmengen der oben angeführten MP-Typen resultiert, sich aber doch prinzipiell von den allgemein üblichen „Mnemotechnischen Kodes" unterscheidet. Systematisch gegliedert wird dann die Programmierung, beginnend mit einfachen unverzweigten Programmen bis hin zu anspruchsvollen Unterprogrammtechniken, anhand instruktiver Beispiele erläutert.
Eine systematische und relativ ausführliche Darstellung der Programmierung auch in Aufgabenbereichen der nichtnumerischen Datenverarbeitung, der Dienstprogramme und der Basisprogramme zur Unterstützung der Programmierarbeiten erleichtert dem Leser den Übergang zur praktischen, realen Programmierung.
Schließlich wird das gesamte Softwarepaket, das heute für moderne Mikrorechner zur Verfügung steht, übersichtlich und systematisch detailliert in seinem inneren Zusammenhang vorgestellt.
Daher wird dieses Buch, das zugleich als Lehrbuch und als Nachschlagewerk angesehen werden kann, sowohl den schon mehr oder weniger ausgebildeten „Programmieranfängern" als aber auch allen denen, die von bestimmten Software-Beständen ausgehend sich auf mehrere Mikroprozessor-Typen einstellen müssen, ein sehr wertvolles praktisches Arbeitsmittel sein.

B 1494 *S. Pilz*

Digital Logic and Computer Design. Von *M. Mano.* London: Prentice-Hall International Inc. 1979. 612 Seiten, 296 Bilder.

In diesem Buch wird ein sehr moderner Kurs über den Entwurf von Digitalcomputern geboten. Dieser umfaßt die grundlegenden Konzepte und Prinzipien der Computerorganisation und -realisierung.
In den ersten 7 Kapiteln erfolgt zunächst die klassische Einführung in die Digitaltechnik und die Komponenten der Digitalcomputer: Zahlen, Kodes, Schaltalgebra, einfache und komplexe kombinatorische Schaltungen (z. B. Logikgatter, Adder, Dekoder, Multiplexer) sowie einfache und komplexe sequentielle Schaltungen (z. B. Flip-Flops, Register, Zähler, Speicher).
Danach erfolgt auf der Basis der Registertransfermethode, die der LSI-Technik angepaßter ist als die klassische Methode, in 5 weiteren Kapiteln die Beschreibung des Logikentwurfes von Prozessoren (ALU), Steuerwerken sowie Computern und Computersystemen. In diesen Kapiteln kann der Leser wirklich lernen — und das ist nur in wenigen Büchern dieses Genres so —, wie diese wichtigen Teile eines Computersystems im Detail funktionieren und wie sie im Prinzip entworfen werden. Logikrealisierungen mit ROM's und PLA's stehen im Mittelpunkt. Die aktive Mitarbeit des Lesers wird durch zahlreiche Problemstellungen nach jedem Kapitel herausgefordert.
Das Buch ist eine sehr gute Grundlage für Vorlesungen über Digitaltechnik und Computerhardwaredesign im Umfange eines Studienjahres. Als Weiterbildung für Industrieingenieure auf diesem Gebiet ist es ebenso gut geeignet.
Probleme der Computerperipherie werden nicht behandelt.

B 1511 *A. Möschwitzer*

Informationstechnik. Signal — System — Information. Von *E.-G. Woschni.* 2., bearb. Aufl. Berlin: VEB Verlag Technik 1981. 386 Seiten, 300 Bilder 40 Tafeln, 28,— Mark.
Bestell-Nr. 552623 3

Das besondere Verdienst dieses vielbenutzten Hochschullehrbuches ist es, die Darstellung der Stoffgebiete Nachrichtentechnik, Regelungstechnik und Datenverarbeitung auf die wesentlichen physikalisch-technischen Zusammenhänge konzentriert zu haben. Im ersten Abschnitt stellt der Verfasser die Grundbegriffe und Klassifizierungsmerkmale in Informationsverarbeitungssystemen zusammen, wobei besonders die Analogien zwischen den verschiedensten technischen Realisierungen verdeutlicht werden. Im zweiten Abschnitt wird die Signaltheorie und im dritten Abschnitt die Theorie der analogen und Abtastsysteme ausführlich dargelegt und anhand vielfältiger Anwendungsbeispiele verständlich gemacht. Aufbauend auf den mathematischen Kenntnissen, wie sie im Hochschulstudium der Elektrotechnik vermittelt werden, behandelt das Buch auf stets gleichbleibend hohem fachlichen Niveau in den nächsten Abschnitten die Informationstheorie, die Kodierung und Modulation. Diese Ausführungen beginnen wieder mit den Grundlagen und zeigen dann die Möglichkeiten der Systemoptimierung. Besonders wertvoll im Sinne der Stofferschließung sind die den Abschnitten nachgestellten Übungsaufgaben und die Lösungen am Ende des Buches, die gut kommentiert sind. Die relativ knappe Literatursammlung ist in der 2. Auflage leider kaum auf den neuesten Stand gebracht worden und erleichtert dem Leser nicht den Zugang zur modernen Originalliteratur. Die Bearbeitungen der 2. Auflage betreffen vor allem Korrekturen zur besseren Verständlichkeit sowie die Behandlung der Walsh-Funktionen und ihre Ermittlung. Das Buch ist allen Studenten der Informationstechnik zu empfehlen und wird auch dem in Forschung und Entwicklung Tätigen als Nachschlagewerk nützlich sein.

B 1535 *M. Siakkou*

Lexikon der industriellen Meßtechnik. Herausgegeben von *P. Profos.* Essen: Vulkan-Verlag Dr. W. Classen Nachf. GmbH & Co KG 1980. 292 Seiten.

Über die in den letzten beiden Jahrzehnten enorm gewachsene Bedeutung der

Meßtechnik in allen Bereichen des Lebens braucht nicht lange geschrieben zu werden. Ein Meßtechnik-Lexikon hat deshalb allemal seine Berechtigung. Dieses wendet sich in erster Linie an Nichtfachleute, denen es — von Abbe-Refraktometer bis Zweistrahloszillograf — kurz und knapp Auskunft darüber gibt, was man unter einem bestimmten Begriff versteht oder wie ein bestimmtes Meßgerät funktioniert. Für die Definition bzw. Erklärung stehen meist nur wenige Zeilen zur Verfügung, enthält das kleinformatige Büchlein doch auf knapp 300 Seiten etwa 1400 Stichwörter bei ziemlich großzügiger typografischer Anordnung. Die Erläuterungen sind erfreulich einfach und verständlich; es wird immer das Wesentliche mitgeteilt. Formeln sind nur dann angegeben, wenn sich der Sachverhalt verbal nur umständlich ausdrücken läßt, z. B. bei Standardabweichung, Mittelwert. Von Verweisen wird häufig Gebrauch gemacht. Der Herausgeber, Prof. *Profos* von der ETH in Zürich, der als Herausgeber des umfangreichen Handbuches der industriellen Meßtechnik bekannt geworden ist, erläutert im Vorwort noch ein weiteres Ziel: Er möchte dazu beitragen, daß meßtechnische Fachausdrücke vereinheitlicht werden. Die Meßtechnik ist ja eine Querschnittswissenschaft, deren Wurzeln in vielen Fachgebieten liegen: in traditionellen, wie Physik, Chemie, Maschinenbau, Elektrotechnik, und in ganz modernen, nämlich Elektronik, Informationsübertragung, Datenverarbeitung. Alle diese Fachgebiete haben eigene Terminologien entwickelt, die, wenn sie in modernen meßtechnischen Erzeugnissen zusammentreffen, nicht immer harmonieren. Derselbe Sachverhalt oder dasselbe Bauteil wird u. U. ganz verschieden bezeichnet. Wenn das Lexikon dazu beiträgt, unnötige Doppelbezeichnungen zu vermeiden, veraltete und verwaschene Begriffe zugunsten moderner und exakterer aufzugeben und einige alte Zöpfe völlig abzuschneiden, dann hat es seinen Zweck erfüllt. Darin liegt sein Wert für den Fachmann.
Einige kleine Pannen, wie die gelegentliche falsche Verwendung des Begriffs Eichen oder die kommentarlose Anführung so eindeutig überholter Bezeichnungen wie Schraubenmikrometer oder Schieblehre, lassen sich bei einer Nachauflage problemlos beseitigen. Sie mindern den insgesamt guten Eindruck nicht. B 1506 *R. Fischer*

Größen und Einheiten in Physik und Technik. Von *R. Fischer* und *K. Vogelsang*. 2., bearbeitete Aufl. Berlin: VEB Verlag Technik 1981. 120 Seiten. 7,— Mark.
Bestell-Nr. 552928 2

Das Bändchen ist ein sehr nützliches Hilfsmittel für alle Naturwissenschaftler und Techniker, die bei Berichten, Publikationen oder Lehrveranstaltungen mit Größen und Einheiten umgehen müssen, und davon ist ja kaum ein Praktiker ausgenommen. Die erste Tafel, die den Hauptteil des Inhalts ausmacht, bringt in alphabetischer Reihenfolge fast 1300 Größen, ihre empfohlenen Formelzeichen, ihre Einheiten (SI-Einheiten, weitere zulässige und ungültige Einheiten) sowie Bemerkungen, speziell Einheiten-Umrechnungen. Im zweiten Teil findet man auf 11 Seiten alle noch benötigten Einheiten nach dem Einheitenzeichen geordnet, mit Gültigkeitsvermerken, Umrechnungen und ihrer Verwendung (Größenarten). Weitere Tafeln enthalten Kennwerte zeitlich abhängiger Größen (z. B. Wechselspannungen), Größen der Meß- und Automatisierungstechnik, Kenngrößen zur Beschreibung von Transportvorgängen (Reynolds-Zahl u. ä.) sowie physikalische Konstanten. Für die Zusammenstellung dieser Tafeln wurden die entsprechenden Festlegungen aus über hundert Standards (TGL) ausgewertet.
Die nun vorliegende 2. Auflage wurde aktualisiert und ist (durch entsprechend umfangreiche Änderungen bei den Korrekturen) auf dem neuesten Stand. Dabei ist nicht nur die TGL 31548 in jeder Weise berücksichtigt, auch viele RGW-Standards und Empfehlungen von ISO, IUPAP, IUPAC usw. fanden Eingang. Dementsprechend werden jetzt beispielsweise wieder der Ausdruck „molar" statt „stoffmengenbezogen" benutzt, „Wärme" dem Terminus „Wärmemenge" vorgezogen und die Definition der Zusammensetzungsgrößen der jetzt geltenden Auffassung angepaßt. Zu begrüßen ist auch, daß die Kennzahlen der Dimension Eins (zur Beschreibung von Transportvorgängen) nun in einer speziellen Tafel zusammengestellt sind. Durch die aufgeführten und einige weitere Änderungen kommt dieses praktische Nachschlagewerk den Bedürfnissen der Nutzer weiter entgegen und sollte wesentlich mehr als bisher genutzt werden, um die Vereinheitlichungsbestrebungen auf den Gebieten der Terminologie und Symbolik nach Möglichkeit zu unterstützen. B 1532 *H. Hart*

Einheiten, Maßsysteme, SI. 4., berichtigte Aufl. Von *D. Bender* und *E. Pippig*. Berlin: Akademie-Verlag 1980. 238 Seiten, 13 Bilder, 5 Tafeln, 12,50 Mark.

Dieses inzwischen gut bekannte und viel benutzte Büchlein liegt jetzt in einer berichtigten 4. Auflage vor. Dabei wurde die bewährte Grundkonzeption (s. Rezension in der msr **16** (1973) H. 10, S. 370) unverändert beibehalten; selbst das Inhaltsverzeichnis weist nur einen einzigen neuen Abschnitt (Darstellung des Mol) auf. Das bedeutet aber nicht, daß die neueste Entwicklung in irgendeiner Weise vernachlässigt worden wäre. So ist insbesondere die durch einschlägige RGW-Standards und die TGL 31548 inzwischen geklärte Situation voll berücksichtigt. Auch die Auswirkungen des SI auf die anglo-amerikanische Entwicklung im Einheitenbereich hat in der Neuauflage ihren Niederschlag gefunden. Weiterhin läßt sich der wissenschaftlich-technische Fortschritt der letzten Jahre, der beispielsweise für die Darstellung von Einheiten neue Möglichkeiten eröffnet hat, an vielen Punkten ablesen, und auch die Zahlenwerte für erreichbare Genauigkeiten sind entsprechend korrigiert. Somit bleibt dieses Bändchen, das von einer historischen Entwicklung ausgehend das Internationale Einheitensystem SI und die Darstellung seiner Einheiten behandelt, weiterhin ein nützlicher Ratgeber in allen Fragen, die physikalisch-technische Einheiten betreffen. Besonders dankbar werden vom Benutzer des Buches wiederum die im Anhang enthaltenen Tabellen über die verschiedenen Größenarten und ihre SI-Einheiten, über die Umrechnung alter sowie anglo-amerikanischer Einheiten in SI-Einheiten und über die noch vorkommenden SI-fremden Einheiten aufgenommen werden. B 1522 *H. Hart*

Prinzipien der Prozeß-Meßtechnik 2. Von *H. Kronmüller* und *B. Zehner*. Karlsruhe: Schnäcker-Verlag 1980. 325 Seiten, 154 Bilder.

Die „Prinzipien der Prozeßmeßtechnik" behandeln physikalische Effekte, die in der Prozeßmeßtechnik Anwendung finden. Im 1. Band sind das Prinzipien zur elektrischen Messung der technischen Größen Länge, Druck, Temperatur, Durchfluß und anderer, während im vorliegenden zweiten Band physikalische Analysenverfahren behandelt werden. Das sind die für die zunehmende Automatisierung verfahrenstechnischer Prozesse wesentlichen Analysenverfahren aufgrund der Wärmeleitfähigkeit, auf Basis elektrochemischer Techniken, die Photometrie, Gaschromatografie sowie die magnetische Sauerstoffmessung.
Im Unterschied zur Darstellung in Hand- und Taschenbüchern werden ausgehend von technisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen deduktiv die Eigenschaften und Grenzen der Verfahren hergeleitet und Einflußgrößen ausführlich diskutiert. Bei gründlichem Durcharbeiten wird daran das technisch-physikalische Denken geschult; neben diesem (gewollten) Lehrbuchcharakter kann aber auch der Fachmann Nutzen aus der mathematisch fundierten Darstellung ziehen, und der Anwender von Analysengeräten wird in die Lage versetzt, Tragweite und Grenzen eines von ihm genutzten Verfahrens abschätzen zu können. Bemerkenswert ist die streng auf das Prinzip bezogene Darstellung und Erklärung bei bewußtem Verzicht auf Herstellerangaben und -erfahrungen. Damit wird der Leser angehalten, selbst Näherungsbetrachtungen und Abschätzungen vorzunehmen und diese mit praktischen Daten zu vergleichen. Damit geht der Interessentenkreis für das vorliegende Buch über den von Hörern akademischer Lehrveranstaltungen hinaus. Es ist kein Ersatz für die schon genannten Handbücher, wohl aber eine sehr sinnvolle und dem Rezensenten sogar notwendig erscheinende Ergänzung, die dem Meßgeräteentwickler und -anwender empfohlen werden kann. B 1488 *W. Richter*

Leistungsmessung bei dreiphasigen Stromrichterantrieben. Von *F. Holzmann* und *G. Pauer*. Opladen: Westdeutscher Verlag 1980. 108 Seiten, 48 Bilder, 3 Tafeln.

Bei Messungen an Stromrichtern spielt das Problem der Oberschwingungen eine wesentliche Rolle und man muß eine grundsätzliche Betrachtung des Leistungsbegriffs bei verzerrten Spannungen und Strömen durchführen. Bei einem unsymmetrischen, verzerrten Drehstromnetz ergeben sich dabei folgende Komponenten: Grund- und Oberschwingungsanteile der Wirk- und der Blindleistung sowie Verzerrungsblindleistung.

Bei Asynchronmotoren mit Regelung der Drehzahl über Drehstromsteller oder Wechselrichter variabler Frequenz trägt nur die vom Stromrichter abgegebene Grundschwingungs-Wirkleistung zur mechanischen Leistung bei, während die Oberschwingungs-Wirkleistung zusätzliche Verluste im Motor erzeugt.

Im vorliegenden Forschungsbericht werden folgende Meßmethoden beschrieben: Die von einem Stromrichter aufgenommene und abgegebene gesamte Wirkleistung wird auch bei verzerrten Spannungen und Strömen mit den üblichen Leistungsmessern (elektrodynamisch, Time-Division, Thermoumformer usw.) hinreichend genau ermittelt. Zur Messung der Grundschwingungswirkleistung muß der Grundschwingungsanteil der Spannungen und Ströme mit Filtern herausgesiebt und dann multipliziert werden. Für den Wechselstromsteller am 50-Hz-Netz werden programmierbare Butterworth-4-Pol-Filter verwendet, deren Grundfrequenz mit äußerer Beschaltung auf 85 Hz festgelegt wird. Für den Wechselrichter variabler Frequenz werden durchstimmbare Tief- und Hochpässe eingesetzt, die zu Bandpässen kombiniert werden. Vergleichende Messungen bestätigten, daß die Geräte für die durchgeführten Untersuchungen insbesondere des Wirkungsgrades des Stellgliedes und des Motors gut geeignet sind. B 1490 *R. Lappe*

Halbleitersonderbauelemente, Höchstfrequenz- und Leistungsbauelemente. Von *R. Paul*. Berlin: VEB Verlag Technik 1981. 396 Seiten, zahlr. Bilder und Tafeln, 25,— Mark.
Bestell-Nr. 552841 5

Dieser dritte Band des Hochschul-Lehrwerks „Elektronische Festkörperbauelemente" schließt thematisch an die bereits erschienenen Bände „Halbleiterdioden" und „Transistoren und Thyristoren" an. Er behandelt pin- und pan-Übergänge, den Halbleiterdichteübergang, die Einträger- und Doppelinjektion, die Gunn-Elektronik sowie Laufzeitdioden. In jedem dieser Kapitel werden zunächst die festkörper- und halbleiterphysikalischen Grundlagen erläutert, bevor Eigenschaften, Bauformen und Anwendungen der betreffenden Bauelemente beschrieben werden. Der Leser wird damit auf das physikalisch Grundlegende dieses Zweiges der Halbleiterelektronik orientiert. Dem Autor ist es gelungen, das umfangreiche Stoffgebiet nach einheitlichen Grundsätzen zu ordnen. Er geht von einem vorhandenen elektro-physikalischen Grundwissen aus, das er sowohl für den Physiker und Halbleiterentwickler als auch für den Bauelemente-Anwender vertieft. Neben den in der Praxis tätigen Ingenieuren werden vor allem die Studierenden unterschiedlicher Sektionen an Universitäten, Technischen Hochschulen und Ingenieurschulen angesprochen. So werden die Studierenden durch Fragen, Beispiele, Lösungsstrategien, Wiederholfragen und Übungen zur aktiven Mitarbeit angeregt. Ein sehr reichliches, nach Kapiteln gegliedertes Literaturverzeichnis ermöglicht es dem interessierten Leser, Quellenstudium zu betreiben und die erworbenen Kenntnisse zu vertiefen.
B 1530 *H. Gottschalk*

Stabilität ökonomisch-mathematischer Optimierungsmodelle. Von *Ja. N. Minaev* (in Russ.). Moskau: Statistika 1980. 103 Seiten.

Dieses in der Serie „Methoden der optimalen Lösung" erschienene Buch widerspiegelt gemeinsam mit einer beachtenswerten Reihe weiterer Veröffentlichungen der letzten Zeit eine besonders relevante neue Forschungsrichtung, für die oft zutreffend, zum Teil aber auch ungerechtfertigt der Begriff „fuzzy sets" breite Verwendung erhielt.

Der Autor stellt theoretische Grundlagen und anwendungsbezogene Lösungsaspekte für nur näherungsweise formalisierbare Optimierungsaufgaben dar. Insbesondere werden grundlegende Besonderheiten ungenügend formalisierbarer mathematischer Optimierungsmodelle, die Vorgehensweisen bei der Synthese von Lösungsverfahren für eine solche Klasse von Optimierungsaufgaben, Methoden der Bewertung der Stabilität von Optimierungsmodellen unter dem Einfluß von Störungen und die Erarbeitung anwendungsorientierter Programmpakete für die Lösung dieser Optimierungsaufgaben behandelt.

Besonders interessant erscheinen dabei die entwickelten Methoden zur Bewertung der Stabilität von Optimierungsmodellen und die Synthesemethodiken für die Entwicklung von Lösungsverfahren. Der Autor hat sich schwerpunktmäßig auf Optimierungsaufgaben in komplizierten Systemen unter den Bedingungen unvollständiger Informationen sowie des Einflusses nicht kontrollierbarer Störungen und die Stabilitätsbewertung bei Existenz solcher Störeinflüsse konzentriert.

Die entwickelten Methoden zur Synthese von Algorithmen zur Bewertung der Indifferenz von optimalen Lösungen beziehen sich auf die stetige und ganzzahlige lineare Optimierung. Für Aufgaben der linearen Optimierung findet eine Variation von Restriktionskoeffizienten Berücksichtigung.

Zur nichtlinearen Optimierung werden Aufgabentypen und Lösungsverfahren, das Prinzip der Verallgemeinerung in Optimierungsaufgaben ungenau bestimmbarer Funktionale sowie ein Bewertungsalgorithmus für die Existenz einer eindeutigen Lösung für Optimierungsaufgaben mit nichtlinearer konvexer Zielfunktion und unbestimmten Koeffizienten behandelt.

Die Untersuchungen berühren abschließend die Anwendung des wichtigen Prinzips der heuristischen Selbstorganisation für die Synthese unifizierter Algorithmen für Aufgaben der nichtlinearen Optimierung.

Besondere Aktualität besitzen die vom Autor entwickelten Methoden für die perspektivische Planung zum Beispiel großer volkswirtschaftlicher Wirtschaftseinheiten oder bestimmter gesamtwirtschaftlicher Prozesse. B 1521 *G. Peißker*

Versuchsplanung zur Optimierung von Prozessen in der chemischen Technologie. Von *A. G. Bondar'*, *G. A. Statjucha* und *J. A. Potjaženko* (in Russ.). Kiew: Višča škola 1980. 264 Seiten, 99 Tafeln, 31 Bilder.

Die Anwendung von Methoden der Versuchsplanung reduziert in vielen Fällen die erforderliche Anzahl der Versuche erheblich, vorgegebene Ziele können unter Einsparung bedeutender Ressourcen erreicht werden. Darüber hinaus ergeben sich im Vergleich zur traditionellen Versuchsdurchführung qualitativ bessere Ergebnisse, wenn die im Rahmen der Theorie des Experiments bereitgestellten Methoden und ihre Methodologie gut beherrscht werden.

Ziel des Buches ist es, die grundlegenden Methoden der Versuchsplanung darzustellen, die man zur Optimierung und zur Ermittlung mathematischer Modelle von technologischen Prozessen benötigt.

Darüber hinaus sollen geeignete und effektive Algorithmen ausgewählt und ihre Effektivität anhand der Lösung praktischer Aufgaben der chemischen Technologie begründet werden.

Nach einer Einführung in die Theorie des Experiments enthält das Lehrbuch Grundlegendes zur Versuchsplanung, wie Dispersionsanalyse, Rangkorrelation, Regressionsanalyse, vollständige und unvollständige Faktorpläne erster und zweiter Ordnung. Spezielle Algorithmen der Versuchsplanung für physikalisch-chemische Aufgabenstellungen, wie die Untersuchung von Gemischen, gesättigte und übersättigte Faktorpläne, Aufgaben zur Untersuchung der formalen Kinetik chemischer Prozesse, Methoden zur Auswahl von Modellen chemischer Prozesse sowie entsprechende Identifikationsverfahren werden behandelt.

Sequentielle Suchpläne auf der Grundlage der Methode von *Box-Wilson* sowie Simplexalgorithmen sind ausführlich beschrieben. In einem speziellen Kapitel erfolgt die Behandlung von Besonderheiten der Methoden der Versuchsplanung bei der Untersuchung typischer Objekte der chemischen Technologie.

Eine große Anzahl von Beispielen für die Anwendung der Versuchsplanung für Teilsysteme sowie komplizierte Systeme bilden den Abschluß dieses Lehrbuches.
B 1504 *K.-H. Winter*

Hierbei handelt es sich um neue Titel aus der UdSSR, die dem sowjetischen Neuerscheinungsdienst "Novye knigi" entnommen sind. Diese Bücher können über den Volksbuchhandel bezogen werden.

[1] *Berkovič, M. A.; Komarov, A. N.; Semenov, V. A.:* Osnovy avtomatiki energosistem (Grundlagen der Automatik von Energiesystemen). Energoizdat. 4. Quart. 1981. NK-No. 32–81 (68b).

[2] *Vulvet, Dž.:* Datčiki v cifrovych sistemach (Geber in digitalen Systemen. Übers. aus dem Engl.). Energoizdat. 4. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (69a).

[3] *Lejtman, M. B.:* Avtomatičeskoe izmerenie i registracija vychodnych parametrov elektrodvigatelej (Automatische Messung und Registrierung der Ausgangsparameter von Elektromotoren). Energoizdat. 2. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (130).

[4] Spravočnik po avtomatizirovannomu elektroprivodu (Nachschlagewerk zu automatisierten Elektroantrieben). Energoizdat. 2. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (135).

[5] Peredača informacii v energosistemach (Informationsübertragung in Energiesystemen). Energoizdat. 2. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (162).

[6] Primenenie EVM dlja avtomatizacii technologičeskich processov v energetike (Anwendung der EDVA zur Automatisierung technologischer Prozesse in der Energetik). Energoizdat. 4. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (165).

[7] Relejnaja zaščita i avtomatika (Relaisschutz und Automatik). Energoizdat. 4. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (166).

[8] *Endreni, Dž.:* Modelirovanie faktora nadežnosti v elektroenergetičeskich sistemach (Modellierung der Zuverlässigkeit in elektroenergetischen Systemen. Übers. aus dem Engl.). Energoizdat. 3. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (175).

[9] *Sovetov, B. Ja.; Stach, V. M.:* Postroenie adaptivnych sistem peredači informacii dlja avtomatizirovannogo upravlenija (Entwicklung adaptiver Systeme der Informationsübertragung zur automatisierten Steuerung). Energoizdat. 2. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (231).

[10] *Abramov, O. V.; Bernackij, F. I.; Zdor, V. V.:* Parametričeskaja korrekcija sistem upravlenija (Parametrische Korrektur von Steuerungssystemen). Energoizdat. 2. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (234).

[11] *Kiselev, N. V.; Rassudov, L. N.; Ščipcov, V. V.:* Pereustraivaemye nelinejnosti v sistemach avtomatičeskogo upravlenija (Umstellbare Nichtlinearitäten in automatischen Steuerungssystemen). Energoizdat. 2. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (243).

[12] *Kljuev, A. S.; Kolesnikov, A. A.:* Optimizacija avtomatičeskich sistem upravlenija po bystrodejstviju (Zeitoptimale automatische Steuerungssysteme). Energoizdat. 4. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (244).

[13] *Komskij, D. M.; Igošev, B. M.:* Elektronnye igry i avtomaty (Elektronische Spiele und Automaten). Energoizdat. 1. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (245).

[14] *Lekus, V. D.; Rovinskij, V. E.:* Ocenka ustojčivosti sistem s zapazdyvaniem (Schätzung der Stabilität von Systemen mit Totzeit). Energoizdat. 4. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (247).

[15] Mikro-EVM (Mikrorechner. Übers. aus dem Engl.). Energoizdat. 1. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (248).

[16] *Ulanov, G. M.; Aliev, R. A.; Krivošeev, V. P.:* Metody razrabotki integrirovannych ASU promyšlennymi predprijatijami (Methoden der Entwicklung integrierter ASU von Industriebetrieben). Energoizdat. 3. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (251).

[17] *Jastrebeneckij, M. A.:* Nadežnost' stredstv upravlenija v ASUTP (Zuverlässigkeit der Steuerungsmittel in ASUTP). Energoizdat. 1. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (255).

[18] *Beljaev, G. B.; Kuziščin, V. F.; Smirnov, N. I.:* Techničeskie sredstva avtomatizacii v teploenergetike (Technische Mittel der Automatisierung in der Wärmeenergetik). Energzoidat. 3. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (292).

[19] *Venikov, V. A.; Suchanov, O. A.:* Kibernetičeskie modeli električeskich sistem (Kybernetische Modelle elektrischer Systeme). Energoizdat. 2. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (293).

[20] *Denisov, A. A.; Kolesnikov, D. N.:* Teorija bol'šich sistem upravlenija (Theorie der großen Steuerungssysteme). Energoizdat. 1. Quart. 1982. NK-No. 32–81 (296).

[21] *Krylov, V. I.; Bobkov, V. V.; Monastyrnyj, P. I.:* Načala teorii vyčislitel'nych metodov (Beginn der Theorie rechentechnischer Methoden). Nauka i technika (BSSR). 2. Quart. 1982. NK-No. 31–81 (80).

[22] *Lukaševič, N. A.; Amel'kin, V. V.; Sadovskij, A. P.:* Nelinejnye kolebanija v sistemach vtorogo porjadka (Nichtlineare Schwingungen in Systemen zweiter Ordnung). Izd-vo Belorus. un-ta. 4. Quart. 1982. NK-No. 31–81 (81).

[23] Osnovnye voprosy teorii i praktiki nadežnosti (Grundlegende Fragen der Theorie und Praxis der Zuverlässigkeit). Nauka i technika (BSSR). 1. Quart. 1982. NK-No. 31–81 (106).

[24] *Veligurskij, G. A.:* Analiz nadežnosti elektronnych schem metodom statističeskogo modelirovanija (Zuverlässigkeitsanalyse elektronischer Schaltungen mit Hilfe stochastischer Simulation). Nauka i technika (BSSR). 2. Quart. 1982. NK-No. 31–81 (115).

[25] *Ovsjanko, V. M.:* Sintez elektronnych modelej deformiruemych ob'ektov (Synthese elektronischer Modelle deformierbarer Objekte). Nauka i technika (BSSR). 1. Quart. 1982. NK-No. 31–81. (120).

[26] *Zmitrovič, A. I.:* Operacionnye sistemy (Operationssysteme). Izd-vo Belorus. unta. 4. Quart. 1982. NK-No. 31–81 (223).

[27] *Krasovskij, G. I.; Filaterov, G. F.:* Planirovanie eksperimenta (Versuchsplanung). Izd-vo Belorus. unta. 4. Quart. 1982. NK-No. 31–81 (224).

[28] *Poliščuk, I. A.; Fel'dman, G. I.:* Informacionnoe obespečenie podsistemy ASUZT (Informationelle Absicherung des Teilsystems des ASU der Abrechnung und Kontrolle). Transport. 4. Quart. 1982. NK-No. 30–81 (64).

[29] *Barzilovič, E. Ju.; Mezencev, V. G.; Savenkov, M. V.:* Nadežnost' aviacionnych sistem (Zuverlässigkeit von Flugzeugsystemen). Transport. 3. Quart. 1982. NK-No. 30–81 (145).

[30] *Latuško, N. A.:* Matematičeskoe obespečenie EVM na železnodorožnom transporte (Software für Eisenbahntransport). Transport. 1. Quart. 1982. NK-No. 30–81 (214).

[31] *Dmitrievskij, G. V.*, u. a.: Avtomatika i telemechanika elektrosnabžajuščich ustrojstv (Automatik und Fernwirktechnik von elektroenergieversorgenden Anlagen). Transport 3. Quart. 1982. NK-No. 30–81 (244).

[32] *Nevolin, V. V.:* Avtomatizirovannaja sistema upravlenija rečnym transportom (Automatisiertes System der Steuerung des Flußtransportes). Transport. 3. Quart. 1982. NK-No. 30–81 (258).

[33] *Matson, E. A.; Kryžanovskij, D. V.:* Spravočnoe posobie po konstruirovaniju mikroschem (Nachschlagewerk zur Entwicklung von Mikroschaltungen). Vyšejšaja škola (BSSR). 4. Quart. 1982. NK-No. 29–91 (79).

[34] *Asaturjan, V. I.:* Teorija planirovanija eksperimenta (Theorie der Versuchsplanung). Radio i svjaz'. 4. Quart. 1982. NK-No. 27–81 (249).

msr 7539

10. Symposium des TC2 Photonendedektoren der IMEKO

Vom 20. bis 22. September 1982 findet am Institut für Lichttechnik der TU Berlin (West) dieses IMEKO-Symposium statt. Folgende Schwerpunkte werden behandelt:

- Physikalische Eigenschaften von Photonendetektoren
- Anwendung von Photonendetektoren in Licht-, Farb- und Strahlungsmessung
- Anwendung von Photonendetektoren bei der Steuerung von Produktionsprozessen
- Medizinische und photobiologische Anwendung von Photonendetektoren.

Auskünfte erteilt:
IMEKO-Sekretariat, H-1371 Budapest, POB 457, Telefon 324 116.

8. „Tage der Wissenschaft und Technik" an der TH Karl-Marx-Stadt vom 12. bis 22. Oktober 1982

In diesem Jahr beraten vor allem auf dem Gebiet der Elektrotechnik/Elektronik tätige Wissenschaftler aus der DDR und den sozialistischen Ländern gemeinsam mit ihren Praxispartnern, wie die auf die Steigerung des technischen und technologischen Niveaus der Produktion, auf sparsamsten Materialeinsatz, auf rationelle Energieanwendung und Erhöhung der Zuverlässigkeit und Nutzungsdauer von Erzeugnissen gerichteten Forschungsergebnisse schneller als bisher bei der Veredelung der Produktion wirksam werden können.
Unter anderem werden folgende Fachveranstaltungen durchgeführt:

- *Fachtagung „Mikroelektronik — Technologie und Applikation"*
  Schwerpunkte:
  . Stand und Entwicklungstendenzen der Mikroelektronik und ihre Anwendung in der DDR
  . Halbleitertechnologie
  . Passive Bauelemente
  . Schaltungsentwurf
  . Anwendung der Mikroelektronik im Gerätebau
  . Anwendung der Mikroelektronik im Be- und Verarbeitungsmaschinenbau.
  (Wissenschaftl. Leitung:
  Prof. *Schneider*, TH Karl-Marx-Stadt, Weiterbildungszentrum Mikroelektronik).
- *Fachtagung „Meßinformationssysteme und Elektronikprüftechnologie*
  Schwerpunkte:
  . Probleme der Softwareentwicklung
  . Algorithmen und Verfahren der Prüfablaufsteuerung, der Meßwertverarbeitung und Meßergebniskorrektur, der internen Systemkontrolle sowie der internen Systemorganisation
  . Einsatzmöglichkeiten mikroprozessor- bzw. mikrorechnergesteuerter Meß- bzw. Prüfsysteme in der Fertigungskontrolle und Qualitätssicherung, der Forschung und Entwicklung sowie in Prüffeldern
  . Fehler und Fehlermechanismen in analogen und digitalen Systemen
  . Verfahren der Testgenerierung
  . Diagnose in Mikroprozessoren, Mikrorechnern und LSI-Schaltkreisen
  . Fehlererkennende Kodes und ihre Anwendung
  . Diagnosemittel und automatische Testeinrichtungen
  . Fragen der Zuverlässigkeit und Ökonomie.
  (Wissenschaftl. Leitung:
  Prof. *Woschni*, TH Karl-Marx-Stadt, Sektion Informationstechnik).
- *Fachtagung „Industrielle Automatisierung*
  Schwerpunkte:
  . Automatisierte elektrische Antriebe (Elektrische Antriebselemente, Gleich- und Drehstromantriebstechnik, Leistungselektronik, neuartige Prinzipien informationsverarbeitender Systeme und Bausteine, Anwendung der Mikroelektronik für Systemlösungen
  . Niederspannungsschaltgeräte (Möglichkeiten zur Beherrschung des Lichtbogens und der Kontaktproblematik bei entscheidender Reduzierung des erforderlichen Volumens je Schaltleistung).
  (Wissenschaftl. Leitung:
  Prof. *Budig*, TH Karl-Marx-Stadt, Sektion Automatisierungstechnik).

Interessenten richten ihre Voranmeldung bitte bis zum 20. Juli 1982 an die wissenschaftlichen Leiter der Tagungen unter der Anschrift:
DDR 9010 Karl-Marx-Stadt, Postschließfach 964.

11. Jahrestagung „Grundlagen der Modellierung und Simulationstechnik"

Vom 14. bis 16. Dezember 1982 veranstaltet die WGMA in der KDT gemeinsam mit der AdW der DDR an der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock die o. g. Fachtagung.

Thematische Schwerpunkte sind:

- Simulation
  . kontinuierlicher Modelle (mit konzentrierten und verteilten Parametern)
  . diskreter Modelle
  . kombinierter Modelle
- Modellbildung und Simulation
  . in Verfahrenstechnik und von Wärmeprozessen
  . in Elektrotechnik und Elektronik (Entwurfs- und Testphase)
- Optimierung in Modellbildung und Simulation.

Originalbeiträge (Vortragszeit 20 min) unter den Aspekten:
— mathematisch-theoretische Grundlagen
— experimentell-technische Erfahrungen
— praktische Beispiele
werden noch erbeten. Titel und Inhaltsangaben sind bis spätestens 31. Mai 1982 beim örtlichen Tagungsleiter:

Wilhelm-Pieck-Universität Rostock — Rechenzentrum — Dr.-Ing. *H.-J. Bartsch*, DDR 2500 Rostock, Albert-Einstein-Str. 22
einzureichen.

Trübungsmeß- und -regelanlage für Abwasserströme

Eine kontinuierlich arbeitende Trübungsmeßanlage für wäßrige Medien ist im Wissenschaftlich-technischen Zentrum der Zellstoff- und Papierindustrie Heidenau entwickelt worden. Damit können Abwässer der verschiedensten Art exakt beurteilt werden. Das Gerät gestattet eine gleichzeitige automatische Regelung der Abwasserströme. Dadurch wird eine geringere Abwassermenge der öffentlichen Kläranlage zugeführt. Das Herz der Anlage ist ein Durchlicht-Trübungsmeßgerät, das nach dem Ausschlagverfahren arbeitet. Das Gerät hat keine mechanisch bewegten Teile und zeichnet sich durch gute Empfindlichkeit und hohe Zuverlässigkeit aus. Die Meßanlage ist besonders geeignet für die Papier- und Zellstoffindustrie, die chemische Industrie, die Wasserwirtschaft und die Getränkeindustrie. (ADN-BWT (18) 1458)

Historische Tischrechenmaschine

Noch funktionsfähig sind Tischrechenmaschinen, die aus der Zeit um die Jahrhundertwende stammen und in der Sektion Mathematik der TU Dresden gesammelt werden. Die historischen Ausstellungsstücke geben einen fast vollständigen Überblick über die Entwicklung auf diesem Gebiet. Auch die ersten digitalen Rechenmaschinen D1, D2 und D4A aus den fünfziger Jahren sind hier zu finden.
Weiterhin gibt es an der Sektion eine Lehrsammlung historisch wertvoller Geräte und Maschinen der Rechentechnik sowie eine Sammlung geometrischer Modelle, die auch heute in der polytechnischen Bildung zur Vermittlung mathematischer Kenntnisse genutzt werden.
(ADN-BWT (18) 1459)

KURZFASSUNGEN

Kriesel, W.: IA 1.2.1.; 6.2.

Überwindung der Gründe für die Kluft Theorie — Praxis in der Automatisierungstechnik

msr 25 (1982) H. 4, S. 182—184

Der Diskussionsbeitrag knüpft an einen Beitrag von *H. Fuchs* an und greift die seit über 10 Jahren beklagte Kluft Theorie—Praxis unter neuen Gesichtspunkten auf, wie sie mit dem Einsatz von Mikrorechnern in Automatisierungseinrichtungen auftreten. Als Hauptgrund dieser Kluft wird eine Ziel-Lücke angesehen, die sich auf mehrere Ebenen bezieht. Vor dem Hintergrund von Mehrfachhierarchien für Automatisierungsziele, Steuerungen, Entwurfshilfen und Objektmodellen wird die Auffassung vertreten, daß bestehende Einseitigkeiten zu überwinden und die Forschungsarbeiten teilweise einer qualitativen Neuorientierung zu unterziehen sind, sofern die Kluft überbrückt werden soll.

Bode, H.: IA 2.1.7.; 2.3.1.7.

Systementkopplung — Voraussetzung für den Entwurf dezentraler Regler auf Mikrorechnerbasis

msr 25 (1982) H. 4, S. 184—187

Durch den Einsatz der Mikrorechnertechnik ist es möglich, vom zentralen zum dezentralen Konzept des Reglereinsatzes überzugehen. Eine der notwendigen Voraussetzungen hierfür ist, daß das Prozeßmodell in dezentraler Form — Meß/Stellgrößenzuordnung — vorliegt. Mit der Anwendung einer der Methoden zur Eingangsdezentralisation auf einen konkreten technologischen Prozeß beschäftigt sich der Beitrag.

Grubba, K.; Quednow, W.: IA 4.0.5.

Testsystem für Mikrorechner-Programme

msr 25 (1982) H. 4, S. 188—189

Das beschriebene Testsystem dient zur Erprobung und Änderung von Mikrorechner-Programmen. Es kann überall dort eingesetzt werden, wo Programme für das Mikrorechnersystem K 1520 des Kombinates Robotron erarbeitet werden und die Anschaffung eines voll ausgebauten Entwicklungssystems unökonomisch ist.

Grün, H.; Helmrich, E.: IA 4.1.4.

Stabilitätskennfunktion — eine Möglichkeit der Bewertung der Stabilität von Systemen mit Teilefluß

msr 25 (1981) H. 4, S. 193—197

Von betrieblichen Prozessen wird eine hohe Zuverlässigkeit und Stabilität gefordert. Die quantitative Bestimmung der Stabilität eines Prozesses, als ein Maß der den Prozessen innewohnenden Fähigkeit der Selbsterhaltung, stieß bisher auf Schwierigkeiten. Ausgehend vom Ljapunovschen Stabilitätsgedanken und unter Ausnutzung der Kenntnis des Mengenverhaltens wird die quantitative Bestimmung der Stabilität ermöglicht. Gleichzeitig lassen sich Beziehungen zwischen Zuverlässigkeit und Stabilität von Leistungsprozessen ableiten.

Hennig, H.: IA 4.0.2.2.

Dimensionierung pneumatischer Übertragungsleitungen

msr 25 (1982) H. 4, S. 198—204

Im Beitrag wird nachgewiesen, daß die Widerstandskennziffer in Abhängigkeit von der Reynolds-Zahl zur Dimensionierung pneumatischer Energieübertragungsleitungen, für den Vergleich der Pneumatikgeräte hinsichtlich ihrer Strömungseigenschaften und für deren meßtechnische Erfassung und Prüfung optimal geeignet ist. Durch Vergleich mit entsprechenden Entwürfen der ISO ist man bestrebt, die in der DDR bereits erfolgreich angewendete Methode unter Verwendung der entsprechenden Kenngröße ζ auf die internationale Anwendung als Bestlösung übertragen zu helfen.

Korobkow, W.; Harzbecker, Ch.: IA 5.6.4.

Zur Automatisierung der Nähprozesse bei der Schuhherstellung

msr 25 (1982) H. 4, S. 204—210

Ausgehend von den Forderungen, die bei Nähprozessen in der Schuhindustrie stehen, wird eine Variante zur Automatisierung der Erzeugung ebener Nähte vorgestellt. Unter Berücksichtigung des thermischen Verhaltens erfolgt die rechnerische Dimensionierung eines lagegeregelten Gleichstromstellantriebes. Zur genaueren Untersuchung wird die Modellierung des Antriebes am Analog- bzw. Digitalrechner durchgeführt. Umfangreiche experimentelle Untersuchungen bestätigten die Richtigkeit des gewählten Konzeptes. Abschließend wird eine mögliche Steuerungsstruktur für NC-gesteuerte Nähautomaten diskutiert.

Hofmann, G.: IA 6.5.

Besonderheiten der deutschen Terminologie der Rechentechnik

msr 25 (1982) H. 4, S. 211—214

Im Beitrag wird das englischsprachige Wortmaterial, das in dem Buch „Taschenrechner + Mikrocomputer. Jahrbuch 1981" [1] Verwendung fand, einer sprachwissenschaftlichen Untersuchung unterzogen. Es wird versucht, die Ursachen der Entlehnung englischsprachiger Termini der Rechentechnik festzustellen. Die unterschiedlichen Varianten der Entlehnung werden dargestellt, um auf diese Weise Meß- und Rechentechnikern Gelegenheit zu geben, die von ihnen benutzte, lexikalisch neuartig motivierte Rechentechnik-Terminologie sprachlich bewußt kennenzulernen.

РЕЭЮМЕ

Kriesel, W.: IIA 1.2.1.; 6.2.

Преодоление причин для пробела между теорией и практикой в области техники автоматизации

msr 25 (1982) № 4, стр. 182—184

Данная статья исходит из статьи тов. Х. Фукса и рассматривает с новой точки зрения сожаленный уже в течение 10 лет пробел между теорией и практикой, как она возникает при применении микровычислительных машин в устройствах автоматизации. Основной причиной этого пробела рассматривается отсутствующая целеустановка, которая относится к нескольким уровням. На фоне многократных иерархий для целей автоматизации, управлений, пособий разработок и моделей объектов считают, что для преодоления пробела необходимы устранение существующих односторонностей и частичное подвержение исследовательских работ количественной новой ориентации.

Bode, H.: IIA 2.1.7.; 2.3.1.7.

Развязка системы — предпосылка для проекта децентральных регуляторов на основе микровычислительной машины

msr 25 (1982) № 4, стр. 184—187

Путем применения техники микро-ЭВМ возможен переход от центрального концепта к децентральному концепту применения регуляторов. Одной из необходимых предпосылок является наличие процессной модели в децентральной форме — присвоение измеряемой/регулирующей величин. Данная статья рассматривает применение одного из методов входной децентрализации на конкретный технологический процесс.

Grubba, K.; Quednow, W.: IIA 4.0.5.

Тестовая система для программ микро-ЭВМ

msr 25 (1982) № 4, стр. 187—189

Описанная тестовая система служит для опробования и изменения программ микро-ЭВМ. Она может быть использована везде там, где разрабатываются программы для системы микро-ЭВМ К 1520 Комбината РОБОТРОН, а где получение полностью расширенной системы разработки является неэкономичным.

Grün, H.; Helmrich, E.: IIA 4.1.4.

Характеристическая функция устойчивости — возможность оценки устойчивости систем с

msr 25 (1982) № 4, стр. 193—197

Высокая надежность и устойчивость требуются от производственных процессов. Количественное определение устойчивости процесса как размер находящейся в процессах способности самосохранения до сих пор привело к затруднениям. Исходя из мыслей Ляпунова об устойчивости, а также используя знаний свойств множеств возможно количественное определение устойчивости. Возможен одновременный вывод отношений между надежностью и устойчивостью процессов мощности.

Hennig, H.: IIA 4.0.2.2.

Размерность пневматических линий передачи

msr 25 (1982) № 4, стр. 198—204

В статье доказано, что показатель сопротивления в зависимости от числа Рейнольдса для размерности пневматических линий передачи энергии, для сравнения пневматических приборов относительно их свойств потока и для их компараторного сбора и испытания оптимально пригоден. Путем сравнения с соответствующими проектами ИСО стремляются помочь перенести применяемый в ГДР с успехом метод с использованием показателя ζ на международное применение в качестве наилучшего решения.

Korobkow, W.; Harzbecker, Ch.: IIA 5.6.4.

Об автоматизации швейных процессов при изготовлении обуви

msr 25 (1982) № 4, стр. 204—210

Исходя из требований, предъявляемых к промышленности обуви при швейных процессах, представлен вариант для автоматизации производства плоских швов. С учетом термического поведения производится математическая размерность исполнительного механизма постоянного тока с позиционным регулированием. Для более точного исследования произведено моделирование механизма на аналоговой или цифровой вычислительной машине. Широкие экспериментальные исследования подтверждают правильность выбранного концепта. Заключительно рассмотрена возможная структура управления для швейных автоматов с числовым управлением.

Hofmann, G.: IIA 6.5.

Особенности немецкой терминологии вычислительной техники

msr 25 (1982) № 4, стр. 211—214

В статье английский текстовой материал, использованный в книге „карманная вычислительная машина + микровычислительная машина. Ежегодник 1981 г." [1], подвергается филологическому исследованию. Пытаются установить причины заимствования английских терминов вычислительной техники. Изображены различные варианты заимствования, позволяющие таким образом техникам измерительной и вычислительной техники, в языковом отношении сознательно познакомиться с использованной ими лексико-графической, своеобразно обоснованной терминологией вычислительной техники.

SUMMARIES

Kriesel, W.: IA 1.2.1.; 6.2.

Overcoming the Causes for the Gap Between Theory and Practice in Automation

msr **25** (1982) No. 4, pp. 182—184

The author starts from a contribution of *H. Fuchs* and deals with the gap between theory and practice being discussed since more than ten years now with taking into account new viewpoints such as arising with the microcomputer use in automation devices. The main reason is likely to be an oobject gap related to several levels. The multiple hierarchies of automation objects, controls, design aids and process models make evident that existing one-sidedness must be overcome and research must be partially oriented into new directions in order to remove the above gap.

Bode, H.: IA 2.1.7.; 2.3.1.7.

System Decoupling — Presupposition for the Design of Decentral Controllers on the Base of Microcomputers

msr **25** (1982) No. 4, pp. 184—187

By the use of microcomputers it becomes possible to go ahead from the central to the decentral conception of controller application. One of the necessary presuppositions is the availability of the process model in the decentral form expressing the assignment of measurement values to the final control variables. This contribution deals with the application of a method for input decentralization to a concrete technological process.

Grubba, K.; Quednow, W.: IA 4.0.5.

Test System for Microcomputer Programs

msr **25** (1982) No. 4, pp. 187—189

The described test system serves for testing and modifying microcomputer programs. It may be used where programs for the Robotron Microcomputer System K 1520 are to be elaborated and a complete development system proves to be uneconomic.

Grün, H.; Helmrich, E.: IA 4.1.4.

Stability Function — a Possibility for Evaluating the Stability of Systems with Piece Flow

msr **25** (1982) No. 4, pp. 193—197

For operational processes a high reliability and stability are required. Hitherto, the quantitative determination of the stability of a process as a measure for the self-preservation ability to the process led to difficulties. Starting from Liapunov's stability idea and by utilizing the knowledge of the quantity behavior the quantitative determination of the stability becomes possible. Simultaneously relations between reliability and stability of power processes may be derived.

Hennig, H.: IA 4.0.2.2.

Dimensioning Pneumatic Transmission Lines

msr **25** (1982) No. 4, pp. 198—204

In this contribution the author shows that the resistance index in dependence upon the Reynolds number is optimally suited for dimensioning pneumatic energy transmission lines, for comparing pneumatic devices with regard to their flow characteristics as well as for their measurement-technical acquisition and test. By comparing it with corresponding ISO projects one tries to transfer the method based upon the corresponding index ζ and successfully applied in GDR to the international application as best solution.

Korobkow, W.; Harzbecker, Ch.: IA 5.6.4.

On the Automation of the Sewing Process in the Shoe Fabrication

msr **25** (1982) No. 4, pp. 204—210

Starting from the requirements of sewing processes in shoe fabrication the authors present a variant for the automation of generating plane seams. The numerical dimensioning of a position-controlled d.c. drive is carried out with taking into account the thermic behavior. For a more precise study the drive is simulated on analog or digital computers. Extensive experimental studies confirm the correctness of the chosen conception. Finally, a possible control structure for NC sewing automata is discussed.

Hofmann, G.: IA 6.5:

Particularities of the German Computer Terminology

msr **25** (1982) No. 4, pp. 211—214

In this contribution the author studies from a philological viewpoint the english word material used in the book "Taschenrechner + Mikrocomputer. Jahrbuch 1981". He tries to determine the reasons for the borrowing of English computer terms. The different variants of borrowing are presented in order to offer the opportunity for measurement and computer specialists to become philologically consciously acquainted with the lexically new motivated computer terminology used by them.

RÉSUMÉS

Kriesel, W.: IA 1.2.1.; 6.2.

Les possibilités pour surmonter les causes de l'abîme entre la théorie et la pratique dans l'automation

msr **25** (1982) No. 4, pp. 182—184

A partir d'une contribution de *H. Fuchs*, l'auteur traite l'abîme entre théorie et pratique discuté depuis plus de dix ans maintenant sous de nouveaux points de vue apparaissant par l'emploi de micro-ordinateurs dans des dispositifs d'automation. La raison principale de cet abîme est probablement un abîme de but qui se rapporte à plusieurs niveaux. Les hiérarchies multiples pour des buts d'automation, commandes, aides de projet et modèles de processus montrent qu'il faut surmonter les unilatéralités existantes et orienter partiellement la recherche dans une nouvelle direction pour écarter l'abîme susdit.

Bode, H.: IA 2.1.7.; 2.3.1.7.

Le découplage de système — supposition pour le projet de régulateurs décentraux sur la base de micro-ordinateurs

msr **25** (1982) No. 4, pp. 184—187

Par l'emploi de micro-ordinateurs il devient possible de passer de la conception centrale à la conception décentrale de l'application de régulateur. L'une des suppositions nécessaires est la disponibilité du modèle de processus dans la forme décentrale exprimant la coordination entre les valeurs de mesure et les variables de manoeuvre. La contribution traite l'application d'une méthode pour la décentralisation d'entrée à un concret processus technologique.

Grubba, K.; Quednow, W.: IA 4.0.5.

Un système de test pour des programmes de micro-ordinateur

msr **25** (1982) No. 4, pp. 187—189

Le décrit système de test sert à l'épreuve et au changement de programmes de micro-ordinateur. Il peut être utilisé pour des cas où des programmes pour le système de micro-ordinateur K 1520 de Robotron doivent être élaborés et un système de développement complet se montre inéconomique.

Grün, H.; Helmrich, E.: IA 4.1.4.

La fonction de stabilité — une possibilité pour l'évaluation de la stabilité de systèmes avec flux de pièces

msr **25** (1982) No. 4. pp. 193—197

Pour des processus opérationnels, on exige une haute fiabilité et stabilité. Jusqu' à présent, la détermination quantitative de la stabilité d'un processus comme mesure de l'aptitude immanente dans le processus de la conservation de soi-même conduisait à des difficultés. A partir de l'idée de stabilité de Ljapunow et par utilisation de la connaissance du comportement de quantité, la détermination quantitative de la stabilité devient possible. Simultanément, des relations entre la fiabilité et la stabilité de processus de puissance peuvent être dérivées.

Hennig, H.: IA 4.0.2.2:

Le dimensionnement de lignes de transmission pneumatiques

msr **25** (1982) No. 4, pp. 198—204

Dans cette contribution l'auteur montre que l'index de résistance en dépendance du nombre de Reynolds est optimalement apte au dimensionnement de lignes de transmission d'énergie pneumatiques, à la comparaison des dispositifs pneumatiques en vue de leurs caractéristiques de flux ainsi qu'à leur acquisition et test mesure-techniques. Par comparaison avec de correspondants projets d'ISO, on essaie de transférer la méthode basée sur le correspondant index ζ et employée en RDA avec succès à l'application internationale comme solution la meilleure.

Korobkow, W.; Harzbecker, Ch.: IA 5.6.4.

Sur l'automation des processus de couture près la fabrication de soulier

msr **25** (1982) No. 4, pp. 204—210

A partir des exigences des processus de couture dans l'industrie de soulier, les auteurs présentent une variante pour l'automation de la génération de coutures plates. Le dimensionnement numérique d'un entraînement à courant continu réglé en position est exécuté en tenant compte du comportement thermique. Pour une étude plus précise, l'entraînement est simulé sur des calculatrices analogiques ou numériques. Des études expérimentales étendues confirment la propriété de la conception choisie. Enfin, une possible structure de commande pour des automates NC de couture est discutée.

Hofmann, G.: IA 6.5.

Des particularités de la terminologie allemande de la technique de calcul

msr **25** (1982) No. 4, pp. 211—214

Dans cette contribution, l'auteur étudie d'un point de vue philologique la matière de mots anglais utilisée dans le livre „Taschenrechner + Mikrocomputer. Jahrbuch 1981". Il essaie de déterminer les causes pour l'emprunt de termes anglais de la technique de calcul. Les variantes différentes de l'emprunt sont présentées pour donner occasion aux techniciens de mesure et de calcul de faire philologiquement consciemment la connaissance de la terminologie de technique de calcul nouvellement motivée utilisée par eux.

Bestellschein

Technik-Literatur

Die aufgeführten Bücher können Sie mit diesem Bestellschein im Inland beim örtlichen Buchhandel bestellen

Expl.

Halbleiterelektronik

Lehrbuch
Hoch- und Fachschulliteratur
A. Möschwitzer; K. Lunze
5., stark bearbeitete Aufl., 508 Seiten,
537 Bilder, 38 Tafeln, Kunstleder 35,— M
Bestell-Nr. 5529530

Grundlagen der Elektrotechnik

E. Philippow
6., durchgesehene Aufl., 984 Seiten, 674 Bilder,
11 Tafeln, Leinen 51,— M
Bestell-Nr. 5529434

Die technologische Betriebsprojektierung

Band 4
Projektierung des Industriebetriebes
W. Rockstroh
1. Aufl., 232 Seiten, 148 Bilder, 46 Tafeln, Leinen 22,— M
Bestell-Nr. 5529055

Mathematik

A—Z
Register
TECHNIK-WÖRTERBUCH
Englisch-Deutsch-Französisch-Russisch
mit etwa 35000 Wortstellen
G. Eisenreich; R. Sube
1. Aufl., 1460 Seiten, Kunstleder 120,— M
Bestell-Nr. 5528554 .....

Kleines Polytechnisches Wörterbuch

TECHNIK-WÖRTERBUCH
Russisch-Deutsch
mit etwa 25000 Fachbegriffen
H. Görner; A. V. Pankin; J. V. Fedirko
2., durchgesehene Aufl., 372 Seiten, Kunstleder 12,— M
Bestell-Nr. 5517855

Darüber hinaus können Sie alle in diesem Heft angezeigten und rezensierten Bücher des VEB Verlag Technik ebenfalls mit diesem Vordruck bestellen.

Expl.

....

....

....

....

.....
Name, Vorname

.....
Anschrift mit Postleitzahl

....
Datum Unterschrift

messen · steuern · regeln

Herausgeber	Kammer der Technik
Verlag	VEB Verlag Technik DDR-1020 Berlin, Oranienburger Str. 13/14 Telegrammadresse: Technikverlag Berlin Telefon: 28700; Telex: 0112228 techn dd
Verlagsleiter	Dipl.-Ök. *Herbert Sandig*
Redaktion	Dr.-Ing. *Dietrich Werner*, Verantwortlicher Redakteur; Telefon: 2870362; Dipl.-Ing. *Dieter Herrmann*, Redakteur, Telefon: 2870374
Lizenz-Nr.	1112 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik
AN (EDV)	15936
Erscheinungsweise	monatlich 1 Heft
Heftpreis	4,— M, Abbonnementpreis vierteljährlich 12,— M; Auslandspreise sind den Zeitschriftenkatalogen des Außenhandelsbetriebes BUCHEXPORT zu entnehmen.
Gesamtherstellung	VEB Druckerei „Thomas Müntzer“, 5820 Bad Langensalza
	Umschlag — eingetragene Schutzmarke des Warenzeichenverbandes Regelungstechnik e. V., Berlin
Anzeigenannahme	DDR-Anzeigen: DEWAG Berlin, 1026 Berlin, Rosenthaler Str. 28—31 (Telefon: 270 32 90), und alle DEWAG-Zweigstellen. Anzeigenpreisliste Nr. 6 Auslandsanzeigen: Interwerbung GmbH, DDR-1157 Berlin, Hermann-Duncker-Str. 89
Erfüllungsort und Gerichtsstand	Berlin-Mitte. Der Verlag behält sich alle Rechte an den von ihm veröffentlichten Aufsätzen und Abbildungen, auch das der Übersetzung in fremde Sprachen, vor. Auszüge, Referate und Besprechungen sind nur mit voller Quellenangabe zulässig.
Bezugsmöglichkeiten	
DDR	sämtliche Postämter; örtlicher Buchhandel; VEB Verlag Technik
UdSSR	Gebiets- und Städtische Abteilungen von Sojuzpečat' und Postämter
SVR Albanien	Spedicioni Shtypit te Jashtem, Tirane
VR Bulgarien	Direkzia R.E.P., 11a, Rue Paris, Sofia
VR Polen	ARS POLONA, Krakowskie Przedmieście 7, 00-068 Warszawa
SR Rumänien	Directia Generala a Postei şi Difuzarii Presei, Palatul Administrativ, Bucureşti
ČSSR	PNS, Vinohradská 46, 12043 Praha 2 PNS. Gottwaldovo nám. 48, 88419 Bratislava
Ungarische VR	P.K.H.I.,P.O.B. 16, 1426 Budapest
Republik Kuba	Instituto Cubano del Libro, Centro de Exposición. Belascoain 864, La Habana
VR China	China National Publications Import Corporation, P.O. Box 88, Peking
SR Vietnam	XUNHASABA, 32 Hai Ba Trung, Hanoi
Koreanische VDR	CHULPANMUL Korea Publications Export & Import Corporation, Pyongyang
SFR Jugoslawien	Jugoslovenska Knjiga, Terazije 27, Beograd; Izdavačko Knjižarsko Produzeće MLADOST, Ilica 30, Zagreb
BRD und Westberlin	ESKABE. Kommissionsgrossobuchhandlung, Postfach 36, 8222 Ruhpolding/Obb.; Helios Literatur-Vertriebs-GmbH, Eichborndamm 141—167, Berlin (West) 52; Kunst und Wissen Erich Bieber OHG, Postfach 46, 7000 Stuttgart 1; Gebrüder Petermann, BUCH + ZEITUNG INTERNATIONAL, Kurfürstenstr. 111, Berlin (West) 30, sowie weitere Grossisten und VEB Verlag Technik. DDR-1020 Berlin, Postfach 293
Österreich	Globus Buchvertrieb, Höchstädtplatz 3, A-1206 Wien
Schweiz	Genossenschaft Literaturvertrieb, Cramerstr. 2, CH-8004 Zürich
Alle anderen Länder	örtlicher Buchhandel; BUCHEXPORT Volkseigener Außenhandelsbetrieb der Deutschen Demokratischen Republik, DDR-7010 Leipzig, Postfach 160; VEB Verlag Technik, DDR-1020 Berlin, Postfach 293

Annahmebedingungen

Die Redaktion veröffentlicht nur solche Beiträge, die noch an keiner anderen Stelle des In- und Auslandes in dieser Form erschienen sind oder bis zur Veröffentlichung erscheinen werden und die die Verfasser bis zum Ablauf des ersten, dem Erscheinen folgenden vollen Kalenderjahres an keiner anderen Stelle veröffentlichen, ohne hierzu vorher die Zustimmung der Redaktion der Zeitschrift eingeholt zu haben. Mit der Annahme und Veröffentlichung des Manuskriptes geht das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder auf den Verlag über. Es ist ohne ausdrückliche Genehmigung der Redaktion nicht gestattet, fotografische Verfielfältigungen, Mikrofilme u. a. von Heften der Zeischrift, einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen. Ferner behält sich die Redaktion Änderungsvorschläge nach der Durcharbeitung der Beiträge vor. Beiträge müssen eine Kopie der Veröffentlichungsfreigabe des Betriebes bzw. des Instituts enthalten.

Richtlinien für die Manuskriptgestaltung sind dem Heft 1 (Beilage) messen · steuern · regeln 1982 zu entnehmen bzw. werden von der Redaktion auf Anfrage zugesandt. Die Einhaltung dieser Gesichtspunkte garantiert eine sofortige Bearbeitung und verzögerungsfreie Veröffentlichung der Arbeit in der Zeitschrift.

Vorteile,
die es zu nutzen gilt!

URSAMAR 4000
Elektronische Regler im Bausteinsystem
- universell einsetzbar
- beliebig kombinierbar
- hohe Zuverlässigkeit durch integrierte Schaltkreise und Netzwerke
- wahlweise Rechneranschluß und Parameterferneinstellung

Temperaturregler
- Meßwerklos
- interner Leitungsabgleich
- einstellbare Grenzwertkontaktgabe
- elektronische Rückführung
- erschütterungsunempfindlich
- breites Sortiment für nahezu alle Anwendungsfälle

Systemgerechte Automatisierung und Rationalisierung mit zuverlässigen und zweckmäßigen Geräten der BMSR-Technik.

Unsere Geräte sichern Ihren Erfolg und gewährleisten
- hohe Funktionssicherheit
- vielseitige Kombinationsmöglichkeit
- Wartungsfreiheit
- höhere Wirtschaftlichkeit

Lüftungsregler
- Festwertregler

zur temperaturabhängigen Lüftungsregelung, insbesondere in der Landwirtschaft, mit umfangreichen Überwachungsfunktionen

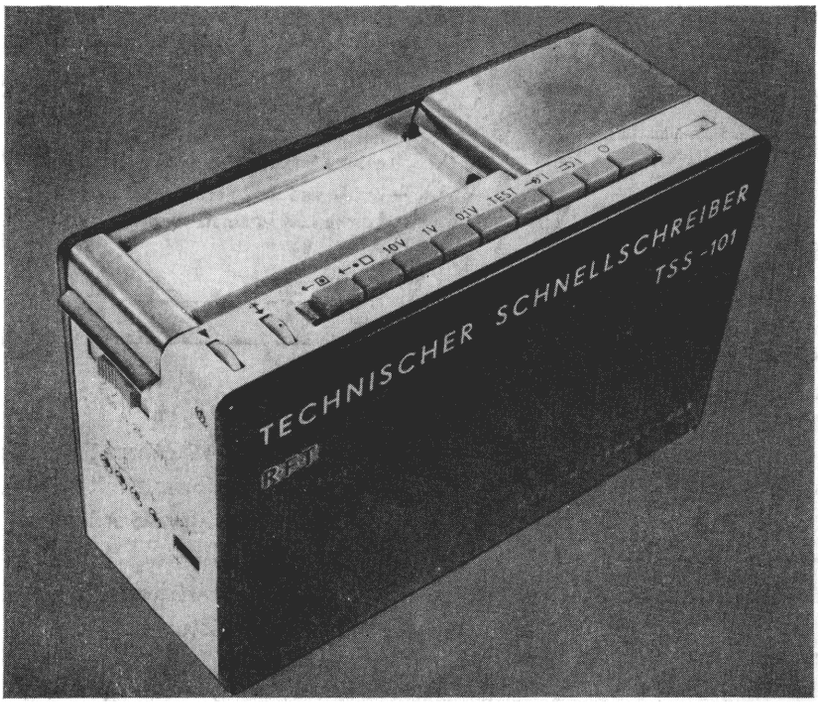
Dreipunktregler
- universell einsetzbar
- hohe Zuverlässigkeit durch integrierte Schaltkreise und Netzwerke
- kompakte Ausführung
- Anpassung durch diverse Regelbereiche
- Verwendung zur Regelung von Heizung, Klima, Feuchte oder anderer technologischer Prozesse

Ausführliche Informationen
erhalten Sie über unsere Werbeabteilung

DDR-AUTOMATISIERUNGSGERÄTE

VEB Wetron Weida
Betrieb des Kombinates
VEB Elektro-Apparate - Werk Berlin-Treptow
DDR - 6508 Weida, Papiermühlenweg 10
Telefon: 2201 u.790 - Telex: 587721 - Telegramme: Wetron Weida

HEIM-ELECTRIC
EXPORT - IMPORT
Volkseigener Außenhandelsbetrieb
der Deutschen Demokratischen Republik
DDR - 1026 Berlin, Alexanderplatz 6
Haus der Elektroindustrie
Telefon 21 80 · Telex 011 - 4557



Die analoge Aufzeichnung einer Meßgröße ist wegen ihrer Anschaulichkeit nach wie vor gefragt. Unser

Technischer Schnellschreiber TSS 101

wird allen Anforderungen an ein Registriergerät gerecht. Er ist der gegebene Einkanal-Registrierer für ortsveränderlichen Einsatz.

Und dies sind seine Eigenschaften, mit denen er helfen will, auch Ihre Meßaufgaben zu meistern:

- Kompaktgerät — klein, leicht, robust
- Sofort sichtbare Aufzeichnungen hoher Genauigkeit — dokumentenfest, pausfähig, wirtschaftlich
- Geradlinige Koordinaten
- Batteriebetrieb mit geringstem Energiebedarf
- Arbeitsfrequenzbereich 0 ... 100 Hz
- Hohe elektrische Empfindlichkeit bei hohem Eingangswiderstand
- 3 Meßbereiche mit zusätzlicher kontinuierlicher Einstellung
- Einblendbare Testspannungen hoher Konstanz zur exakten Kalibrierung
- Symmetrischer und unsymmetrischer Eingang
- 3stufiges Schaltgetriebe bis 50 mm/s
- Wertvolle Zusatzeinrichtungen:
  Fremdantrieb des Registrierpapiers
  Abtriebswelle zur Steuerung externer Geräte
  Fernstart
  Ereignismarkierung
- Bequeme Tragetasche für Gerät und Zubehör gehört zum Lieferumfang

Der TSS 101 ist ein Kompensationsschreiber. Daraus resultieren seine Vorzüge!

RFT

Hersteller: VEB Meßgerätewerk Zwönitz

Lieferung für das Inland durch: Versorgungskontor für Maschinenbauerzeugnisse

Fachgebiet für elektrische Meßgeräte
8021 Dresden, Bärensteiner Straße 23—25